21043

РОЗЕНТАЛЬ.

ОБЩАЯ ФИЗІОЛОГІЯ

ת"ח מכון

5А2.4
Р64

Изданіе Акц. Общ. Брокгаузъ-Ефронъ.

Библіотека Естествознанія, подъ редакціей проф. П. И. Броунова и В. А. Фаусека.

Д-ръ Ѳ. Розенталь,

Профессоръ физіологіи въ университетѣ въ Эрлангенѣ.

Д10Ф3

Общая физіологія.

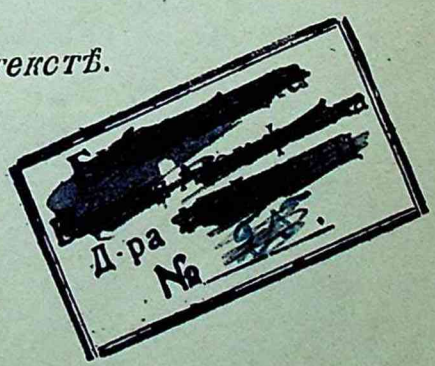
ВВЕДЕНІЕ
ВЪ ИЗУЧЕНІЕ ЕСТЕСТВОЗНАНІЯ И МЕДИЦИНЫ.

Переводъ съ нѣмецкаго подъ редакціей С. С. САЛАЗКИНА,

Профессора Женскаго Медицинскаго Института въ С.-Петербургѣ.

Съ приложеніемъ статей НЕНЦКАГО, СПЕНСЕРА, БУНГЕ и БЮЧЛИ.

Со 137 рисунками въ текстѣ.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Типографія Акц. Общ. Брокгаузъ-Ефронъ. Прачешный пер., № 6.
1902.

Д-ра
№

Настоящій переводъ сдѣланъ отчасти мною, отчасти, подъ моей редакціей, *И. А. Залескимъ*, кандидатомъ физико-математическихъ наукъ, и *Д. М. Лавровымъ*, кандидатомъ естественныхъ наукъ, докторомъ медицины и приватъ-доцентомъ Императорской Военно-Медицинской Академіи.

С. Салазкинъ.

Библиотека
Василия Адольфовича
Д-ра НЕЙМИТЦ
№ _____

ОГЛАВЛЕНІЕ.

ПЕРВАЯ ГЛАВА.

Задачи и содержаніе физіологіи. Отношеніе ея къ другимъ наукамъ.—Распредѣленіе матеріала.

Стр.

Предметы внѣшняго міра и происходящія въ нихъ явленія.—Ощущенія и воспріятія.—Отношеніе ощущеній къ воспріятіямъ.—Объекты и ихъ свойства.—Подраздѣленія.—Классифицированіе. — Различные способы подраздѣленія.—Морфологія.—Исторія развитія.—Явленія; движенія.—Физика и химія.—Біологія.—Отношеніе физіологіи къ физикѣ и химіи. — Отношеніе къ патологіи.—Жизненныя явленія въ узкомъ смыслѣ слова. — Подраздѣленія физіологіи.—Физіологическая химія.—Психическія явленія . . . . . 1—11

ВТОРАЯ ГЛАВА.

Логическія основы естествознанія.

Сужденія.—Истинныя и ложныя сужденія.—Ассоціація представленій.—Правильная послѣдовательность явленій.—Индуктивныя заключенія. — Правила.—Достовѣрность правилъ.—Гипотезы.—Законы.—Законъ причинности.—Порядокъ наблюденій.—Теоріи и основные законы.—Дедукція.—Критика логическихъ основъ.—Индуктивныя и дедуктивныя науки.—Степень точности нашего знанія . . . . . 11—28

ТРЕТЬЯ ГЛАВА.

Методы изслѣдованія въ естествознаніи вообще и въ физіологіи въ частности.

Начало новаго естествознанія.—Недостатки воспріятій.—Наблюденіе.—Опыты.—Измѣрительные опыты.—Единицы измѣренія.—Ошибки измѣренія.—Функціональное отношеніе.—Выведеніе законовъ изъ опытовъ. — Эмпирическіе и раціональные законы.—Количественные и качественные опыты. — Аппараты.—Наблюденія и опыты на живыхъ существахъ.—Вивисекціи . . . 28—41

ЧЕТВЕРТАЯ ГЛАВА.

Матерія и эфиръ.

Матерія.—Давленіе.—Масса.—Дѣлимость матеріи. — Матерія состоитъ изъ отдѣльныхъ частичекъ.—Предѣлъ дѣлимости.—Объемныя и аггрегатныя измѣненія тѣлъ.—Двоякій характеръ явленій природы.—Соединеніе и разложеніе веществъ.—Атомы. — Непзмѣняемость массъ.—Неизмѣняемость веществъ.—Атомный и молекулярный вѣсъ.—Удѣльный вѣсъ.—Недостаточность представленія о матеріи.—Эфиръ . . . . . 41—55

ПЯТАЯ ГЛАВА.

Движеніе и энергія.

Стр.

Движеніе.—Виды движенія.—Колебанія.—Энергія.—Работа. — Превращеніе энергіи.—Различныя формы энергіи. — Perpetuum mobile.—Молекулярное движеніе.—Молекулярная энергія.—Причины потери энергіи. — Измѣреніе теплоты.—Химическая энергія.—Энергія эфира.—Электрическія явленія.—Неизмѣняемость количества энергіи.—Освобожденіе.—Постепенное освобожденіе. 55—69

ШЕСТАЯ ГЛАВА.

Свойства газовъ и жидкостей.

Свойства тѣлъ.—Отношеніе газовъ при различныхъ давленіяхъ.—Отношеніе газовъ къ различнымъ температурамъ.—Абсолютная температура.—Отношеніе газовыхъ молекулъ.—Измѣреніе газоваго давленія.—Кинетическая теорія газовъ.—Диффузія газовъ.—Парціальное давленіе и общее давленіе въ газовой смѣси.—Гипотеза Авогадро.—Свойства жидкостей. — Свойства жидкостей на поверхности.—Свойства паровъ.—Поглощеніе газа.—Газовая диффузія черезъ влажныя раздѣлительныя стѣнки. — Смѣшеніе жидкостей.—Диффузія жидкостей.—Диффузія жидкостей черезъ пористыя раздѣлительныя стѣнки.—Осмотическое давленіе . . . . . 70—90

СЕДЬМАЯ ГЛАВА.

Раствореніе и набуханіе.

Строеніе твердыхъ тѣлъ.—Кристаллы и аморфныя тѣла.—Растворы.—Свойства растворовъ.—Ложные растворы.—Набуханіе.—Осмозъ и коллоиды.—Осмозъ въ растительныхъ клѣткахъ. — Осмозъ въ кровяныхъ тѣльцахъ. — Осмозъ, какъ причина движеній.—Строеніе клѣтокъ и искусственныя клѣтки. 90—106

ВОСЬМАЯ ГЛАВА.

Химическія соединенія.

Простыя и сложныя тѣла.—Соединенія между газами. — Разложеніе и образованіе воды.—Законъ постоянныхъ объемныхъ отношеній. — Плотность газовъ и молекулярный вѣсъ.—Плотность газовъ и атомные вѣса. — Обобщеніе закона постоянства вѣсовыхъ отношеній.—Анализъ соединеній.—Количественный элементарный анализъ. — Установка химическихъ формулъ.—Анализъ и вычисленіе формулы эфира.—Стехіометрическіе способы.—Осмотическій и другіе способы.—Диссоціація газовъ.—Диссоціація растворенныхъ тѣлъ. 106—120

ДЕВЯТАЯ ГЛАВА.

Строеніе химическихъ соединеній.

Замѣщеніе.—Кислоты, основанія, соли.—Химическое сродство атомовъ.—Валентность или атомность элементовъ. — Углеводороды. — Конституціонныя формулы.—Спирты или алкоголи.—Альдегиды, кетоны.—Кислоты.—Изомерія винныхъ и молочныхъ кислотъ.—Асимметрія углероднаго атома. — Эфиры алкяловъ, ангидриды кислотъ и сложные эфиры. — Ненасыщенныя соединенія.—Бензольное кольцо.—Производныя бензола, ароматическія соединенія.—

Стр.

Азотистыя соединенія. — Амидокислоты и амиды. — Углеродистоазотныя кольца.—Алкалоиды . . . . . 121—144

ДЕСЯТАЯ ГЛАВА.

Углеводы, жиры и протеиновыя тѣла.

Основныя тѣла растительнаго и животнаго организма. — Углеводы. — Простые виды сахара.—Глюкозы.—Броженія.—Плодовый сахаръ.—Пентозы.—Сахарозы.—Полисахариды.—Гидролизъ крахмала.—Жиры, ихъ распространеніе и свойства.—Жировыя эмульсіи.—Строеніе жировъ.—Омыленіе.—Протеиновыя тѣла.—Дѣленіе протеиновыхъ тѣлъ.—Протеины.—Подгруппы протеиновъ. — Гидролизъ бѣлковыхъ тѣлъ.—Протеиды.—Альбуминоиды . . . . . 145—165

ОДИННАДЦАТАЯ ГЛАВА.

Общій обзоръ жизненныхъ явленій.

Млекопитающія.—Анатомія кролика. — Питаніе. — Кровообращеніе.—Кровь.—Всасываніе.—Лимфа и лимфатическіе сосуды.—Обмѣнъ веществъ.—Дыханіе.—Выдѣлительныя железы.—Нервная система . . . . . 165—185

ДВѢНАДЦАТАЯ ГЛАВА.

Организмы и простѣйшія живыя существа.

Организмы.—Различные виды организаціи.—Амебы.—Движенія амебы.—Поглощеніе посторонннихъ тѣлъ.—Обмѣнъ веществъ и дыханіе.—Важное значеніе для организма воды, содержащейся въ немъ.—Размноженіе и смерть.—Мнимая смерть и инкапсуляція.—Смерть вслѣдствіе потери воды и другихъ вредныхъ причинъ.—Колоніи организмовъ.—Развитіе.—Клѣтки, ткани, органы. 185—202

ТРИНАДЦАТАЯ ГЛАВА.

Клѣтки, клѣточныя сообщества и ткани.

Біологическая единица.—Клѣтка, какъ элементарный организмъ.—Протоплазма и ядро.—Дифференцированіе клѣтокъ.—Клѣточная оболочка. — Пульсирующая вакуоля.—Жгутики и рѣснички.—Мышцы. — Клѣточныя сообщества.—Первыя стадіи развитіи ланцетника.—Ткани.—Железы. — Различныя степени раздѣленія труда . . . . . 203—225

ЧЕТЫРНАДЦАТАЯ ГЛАВА.

Обмѣнъ веществъ у организмовъ.

I. Дыханіе и кровообращеніе.

Обмѣнъ веществъ.—Увеличеніе поверхности.—Желудочно-сосудистая система.—Потребность всѣхъ живыхъ существъ въ кислородѣ.—Дыханіе растеній.—Органы дыханія.—Легкія.—Жабры.—Трахеи.—Кожное и кишечное дыханіе.—Значеніе крови при дыханіи.—Кровообращеніе у теплокровныхъ.—Кровообращеніе у амфибій и рыбъ . . . . . 225—245

ПЯТНАДЦАТАЯ ГЛАВА.

Обмѣнъ веществъ у организмовъ.

II. Выдѣленіе и замѣщеніе. Стр.

Выдѣленіе веществъ.—Количественное изслѣдованіе обмѣна веществъ.—Вещественное равновѣсіе.—Питаніе растеній.—Новообразованіе органическихъ соединеній въ растеніяхъ.—Выдѣленіе растеніями кислорода.—Хлорофиллъ.—Дѣйствіе различнаго рода свѣта. — Возникновеніе и исчезаніе хлорофилла.—Передвиженіе газовъ въ растеніяхъ.—Движеніе воды въ растеніи. — Образованіе крахмала.—Передвиженіе углеводовъ.—Образованіе протеиновыхъ веществъ.—Питаніе животныхъ . . . . . 245—260

ШЕСТНАДЦАТАЯ ГЛАВА.

Кругооборотъ матеріи.

Различія въ питаніи растеній и животныхъ.—Большее потребленіе веществъ у животныхъ.—Кругооборотъ веществъ.—Постоянство матеріи.—Симбіозъ растеній и животныхъ.—Значеніе удобренія.—Растенія, лишенныя хлорофилла.—Химическія дѣйствія микробовъ.—Азотобактеріи.—Тлѣніе, гніеніе.—Классификаціи организмовъ.—Обитатели гумуса и сапрофиты.—Паразиты.—Распространеніе веществъ . . . . . 260—277

СЕМНАДЦАТАЯ ГЛАВА.

Превращеніе энергіи въ организмахъ.

Построеніе и разрушеніе органическихъ веществъ.—Окисленіе въ животномъ организмѣ.—Пластическія и дыхательныя вещества. — Возникновеніе кинетической энергіи.—Калориметрическія измѣренія на животныхъ.—Сравненіе животнаго съ паровою машиною.—Эндотермическіе и экзотермическіе процессы.—Производство и потребленіе работы.—Растенія, лишенныя хлорофилла.—Ферменты и энзимы.—Специфичность энзимовъ. — Ассимиляція.—Зеленыя растенія.—Обмѣнъ энергіи организованнаго міра въ его цѣломъ.—Односторонность въ превращеніяхъ энергіи. . . . . 277—298

ВОСЕМНАДЦАТАЯ ГЛАВА.

Отправленія организмовъ.

Обзоръ отправленій.—Производство тепла.—Регулированіе тепла.—Движеніе массъ.—Движеніе протоплазмы.—Перемѣщеніе. — Свойства поперечнополосатыхъ мышцъ.—Утомленіе и отдыхъ.—Электрическіе токи.—Производство свѣта . . . . . 298—315

ДЕВЯТНАДЦАТАЯ ГЛАВА.

Раздраженіе и раздражимость.

Понятіе о раздражимости. — Раздраженіе и разрѣшеніе. — Отношеніе между раздраженіемъ и дѣйствіемъ.—Тропизмъ и таксисъ.—Явленія раздраженія вслѣдствіе измѣненія тургора.—Нервная система.—Нервныя волокна и нервныя клѣтки.—Двигательные и чувствительные нервы. — Нейроновыя цѣпи.—Специфическія энергіи.—Органы чувствъ. — Произвольныя и автоматическія движенія . . . . . 316—338

ДВАДЦАТАЯ ГЛАВА.

Ростъ и размноженіе.

Стр.

Сущность роста.—Ростъ у растеній. — Ростъ животныхъ клѣтокъ.— Регенерація.—Дѣленіе, почкованіе и спорообразованіе.—Конъюгація. — Половое размноженіе.—Значеніе полового размноженія.—Дѣленіе ядра.—Развитіе.— Эпигенезъ и эволюція.—Теоріи наслѣдственности . . . . . 338—356

ДВАДЦАТЬ ПЕРВАЯ ГЛАВА.

Возникновеніе жизни.

Переходъ мертвой матеріи въ живую.—Самопроизвольное зарожденіе.— Возникновеніе жизни неизвѣстно.—Измѣнчивость живыхъ существъ. — Систематическое раздѣленіе. — Значеніе подраздѣленія. — Измѣнчивость.—Происхожденіе новыхъ видовъ. — Отборъ. — Борьба за существованіе. — Филогенезъ.—Цѣлесообразность и приспособленіе . . . . . 356—371

ДОБАВЛЕНІЕ.

Функціональныя отношенія.—Графическое изображеніе и графическіе способы . . . . . 372—377

Указатель

ПРИЛОЖЕНІЯ.

Ненцкій. О задачахъ біологической химіи. Перев. И. А. Залескаго и проф. С. С. Салазкина.

Спенсеръ. Динамическій элементъ въ жизни. Перев. проф. Н. А. Холодковскаго.

Бунге. Идеализмъ и механизмъ. Перев. І. Г. Куницкаго.

Бючли. Біомеханизмъ и витализмъ. Перев. проф. Н. А. Холодковскаго.

ПЕРВАЯ ГЛАВА.

Задачи и содержаніе физіологіи. — Отношеніе ея къ другимъ наукамъ. — Распредѣленіе матеріала.

1. Предметы внѣшняго міра и происходящія въ нихъ явленія. Физіологія занимается изученіемъ явленій, наблюдаемыхъ въ живыхъ организмахъ. Она принадлежитъ къ числу естественныхъ наукъ, которыя имѣютъ задачею представить въ извѣстномъ порядкѣ сумму всего нашего знанія о природѣ или, другими словами, описать, возможно полно, предметы внѣшняго міра и ихъ признаки, равно какъ и всѣ происходящія въ этихъ предметахъ явленія и уяснить ихъ взаимную связь.

При этомъ обнаруживается, что многіе предметы, будучи очень сходны между собою, въ большей или меньшей степени отличаются отъ другихъ, въ свою очередь сходныхъ между собою. Тоже самое относится и къ наблюдаемымъ въ природѣ явленіямъ. Благодаря этому мы получаемъ возможность сгруппировать въ извѣстномъ порядкѣ какъ предметы, такъ и явленія; такимъ образомъ, мы приходимъ къ ихъ раздѣленію, которое тѣмъ цѣлесообразнѣе и полнѣе, чѣмъ глубже наше знакомство какъ съ предметами, такъ и съ явленіями. Путемъ такого подраздѣленія мы получаемъ возможность лучшаго обозрѣнія чрезвычайно многочисленныхъ фактовъ, составляющихъ содержаніе естествознанія. При обиліи намъ извѣстныхъ и еще предстоящихъ быть открытыми предметовъ и явленій, цѣлесообразная классификація, если мы не желаемъ запутаться въ массѣ частностей, крайне необходима.

2. Ощущенія и воспріятія. О предметахъ внѣшняго міра, объ ихъ признакахъ и обнаруживающихся въ нихъ явленіяхъ мы получаемъ свѣдѣнія черезъ посредство нашихъ органовъ чувствъ и обусловливаемыхъ ими ощущеній. Послѣднія представляются намъ какъ дѣйствіе предметовъ на наши органы чувствъ. Такимъ образомъ, мы приходимъ къ представленію о внѣшнемъ мірѣ, существующемъ внѣ нашего тѣла и познаваемомъ нами черезъ посредство нашихъ чувствъ. Все, что мы можемъ этимъ путемъ узнать о предметахъ, мы называемъ воспріятіемъ внѣшняго міра. Запутанные процессы, происходящіе при возникновеніи ощущеній и при ихъ послѣдствіяхъ, можно расчленить и объяснить только съ помощью данныхъ физіологіи нервной системы и органовъ чувствъ. Здѣсь же достаточно будетъ указать, что мы путемъ ощущеній, доставляемыхъ намъ нашими органами чувствъ и при посредствѣ процессовъ сознанія, примыкающихъ къ этимъ ощущеніямъ, приходимъ къ двумъ рядамъ представленій:

во-первыхъ, къ представленію о собственномъ я, ощущающемъ и сознающемъ эти ощущенія и

во-вторыхъ, къ представленію о внѣшнемъ мірѣ *), отличномъ отъ этого я.

*) Къ внѣшнему міру, понимаемому въ этомъ смыслѣ, должно причислить и наше собственное тѣло, насколько мы что-либо узнаемъ о немъ или о томъ, что съ нимъ и въ немъ совершается, при посредствѣ нашего сознанія.

Соотвѣтственно этому мы должны рѣзко разграничить двоякаго рода явленія или процессы: процессы ощущеній и сознанія, протекающіе внутри насъ и процессы, протекающіе внѣ нашего я и этимъ сознающимъ я воспринимаемые.

3. Отношеніе ощущеній къ воспріятіямъ. Эти оба рода процеесовъ не равнозначущи. Только первые — процессы сознанія — познаются нами непосредственно, относительно ихъ существованія и внутренней достовѣрности не можетъ быть никакого сомнѣнія для ощущающаго и сознающаго эти ощущенія субъекта. Примѣры: я чувствую голодъ, или: я испытываю ощущеніе свѣта, тепла и т. д. Всѣ другіе процессы, напротивъ, вызываются посредствомъ одного или же, по большей части, многихъ процессовъ ощущенія и сознанія перваго рода; они, на самомъ дѣлѣ, не непосредственныя воспріятія, но заключенія изъ ощущеній, дошедшихъ до сознанія. Если я говорю: я вижу розу, то это значитъ: я имѣю рядъ ощущеній (зрительныя ощущенія окраски, формы, можетъ быть также обонятельныя и осязательныя), которыя, въ связи съ воспоминаніемъ о сходныхъ прежнихъ ощущеніяхъ, будятъ во мнѣ представленіе объ извѣстномъ предметѣ, называемомъ розой и при этомъ еще представленіе о мѣстѣ, гдѣ я вижу эту розу (на кустѣ, въ моей рукѣ и т. д.). Процессъ, такимъ образомъ, очень сложный. На самомъ дѣлѣ, въ основѣ всѣхъ такъ называемыхъ воспріятій внѣшнихъ предметовъ или происходящихъ въ нихъ измѣненій (перемѣна мѣста и др.) лежатъ только состоянія или измѣненія состоянія нашего сознанія. Только о нихъ мы имѣемъ непосредственныя свѣдѣнія, изъ нихъ мы выводимъ заключенія о внѣшнихъ предметахъ и совершающихся въ нихъ процессахъ.

Раскрытіе этой связи привело къ отрицанію вообще существующаго внѣ насъ міра. Здѣсь не мѣсто обсуждать это философское ученіе. Мы можемъ тѣмъ болѣе оставить его въ сторонѣ, что для естественно научнаго изученія вопросъ о томъ, существуетъ ли міръ реально, внѣ и независимо отъ нашего сознанія, не имѣетъ значенія. Даже если бы мы стали отрицать реальное существованіе міра, то это нисколько бы не измѣнило сути естественно-научнаго изслѣдованія, его принциповъ и методовъ. То, что мы называемъ вселенной или природой, существуетъ для насъ на самомъ дѣлѣ настолько, насколько оно доходитъ до нашего сознанія. Это можетъ у различныхъ людей проявляться различнымъ образомъ. Для слѣпого отъ рожденія въ природѣ нѣтъ красокъ, нѣтъ различія между свѣтомъ и тьмою, различія же въ формѣ существуютъ лишь настолько, насколько они могутъ быть восприняты осязаніемъ. Но эти различія существуютъ для другихъ людей, у которыхъ они даютъ поводъ къ различнымъ состояніямъ сознанія. Такимъ образомъ, мы можемъ сказать, природа существуетъ для насъ настолько, насколько она даетъ поводы для процессовъ сознанія. Они производятъ на насъ впечатлѣніе процессовъ, протекающихъ параллельно соотвѣтственнымъ процессамъ внѣшняго міра, т. е. намъ кажется, что каждому измѣненію въ состояніи нашего сознанія соотвѣтствуютъ измѣненія въ предметахъ внѣшняго міра. Изученіемъ этого внѣшняго міра и явленій, въ немъ совершающихся, и занимаются естественныя науки, независимо отъ того, склонны ли мы признавать эти явленія и предметы, въ которыхъ они проявляются, дѣйствительно существующими или нѣтъ.

4. Объекты и ихъ свойства. Въ нашемъ сознаніи къ представленіямъ объ объектахъ или «вещахъ», обусловливаемымъ даннымъ состояніемъ нашего сознанія, примыкаютъ еще воспоминанія о впечатлѣніяхъ, испытанныхъ нами раньше. Эту способность нашего сознанія удерживать прежнія впечатлѣнія и обусловливаемыя ими представленія и, при случаѣ, вызывать ихъ снова мы называемъ памятью. Этой способности, какъ остающемуся содержанію сознанія («сокровищница опыта»), мы обязаны обиліемъ представленій о вещахъ и явленіяхъ, раньше дѣйствовавшихъ на наши чувства. Наконецъ, изъ сообщеній другихъ людей мы узнаемъ о впечатлѣніяхъ, которыя получили и они, и которыя они равнымъ образомъ относили къ объектамъ внѣшняго міра.

Совокупность всѣхъ этихъ «вещей» составляетъ то, что мы обозначаемъ словами «природа», «вселенная», и все это можетъ быть предметомъ естественно научнаго изслѣдованія.

Каждая изъ этихъ «вещей» производитъ обыкновенно одновременное впечатлѣніе на многіе изъ нашихъ органовъ чувствъ, возбуждаетъ поэтому въ насъ различныя состоянія

сознанія или представленія. Кусокъ мрамора, напримѣръ, имѣетъ извѣстную форму, которую мы воспринимаемъ осязаніемъ и зрѣніемъ, окраску, которую мы распознаемъ тоже зрѣніемъ и т. д. Эти впечатлѣнія, воспринимаемыя одновременно съ объектами и имъ, какъ намъ кажется, свойственныя мы называемъ **признаками**. При этомъ мы можемъ различать признаки **существенные** и **несущественные**; для мрамора, напримѣръ, существенными являются: твердость, своеобразное расположеніе жилокъ и т. д.; форма же его— признакъ несущественный, такъ мы знаемъ мраморные шары, кубы, колонны и т. д., имъ всѣмъ, несмотря на нѣкоторыя различія, свойственны общіе признаки, поэтому эти послѣдніе и обозначаются какъ существенные для мрамора.

5. Подраздѣленія. Соединяя вмѣстѣ вещи съ извѣстнымъ числомъ сходныхъ признаковъ, мы производимъ первое предварительное подраздѣленіе предметовъ природы. Такъ, мы различаемъ камни, растенія, животныя; они являются предметомъ изученія такихъ наукъ, какъ минералогія, ботаника, зоологія. Въ этихъ наукахъ, прежде всего, перечисляются отдѣльные предметы, насколько послѣдніе относятся къ данной группѣ и описываются ихъ **признаки**, т. е. тѣ замѣчаемыя въ нихъ явленія, которыми они отличаются отъ другихъ предметовъ той же группы и которыя для нихъ, какъ мы сказали, существенны или **характеристичны**. Признаки, общіе всѣмъ предметамъ данной группы, служатъ ея характеристикой; посредствомъ нихъ всѣ члены этой группы отличаются отъ всѣхъ предметовъ другихъ группъ. Такъ, минералогъ описываетъ отдѣльные минералы со стороны ихъ формы (напримѣръ, кристалличны они или аморфны), окраски, твердости, прозрачности и т. д. При этомъ обнаруживается, что въ предѣлахъ одной и той же группы, на основаніи совокупности признаковъ, характерныхъ для однихъ предметовъ и отличающихъ ихъ отъ другихъ предметовъ той же группы могутъ быть сдѣланы еще подраздѣленія. Чѣмъ цѣлесообразнѣе сдѣланъ, въ цѣляхъ подраздѣленія, выборъ этихъ признаковъ, тѣмъ яснѣе и проще самое дѣленіе. Мы называемъ такое, произведенное съ извѣстной точки зрѣнія дѣленіе **систематическимъ** и можемъ поэтому назвать **систематическими** тѣ науки, которыя занимаются перечисленіемъ въ извѣстномъ порядкѣ предметовъ природы.

6. Классифицированіе. Приведеніе всѣхъ извѣстныхъ намъ объектовъ природы въ систему называютъ **классифицированіемъ**. Этимъ раздѣленіемъ на группы и ихъ категоріи (царства, классы, порядки и т. д.) облегчается не только обзоръ безчисленныхъ предметовъ внѣшняго міра, но также изученіе и удержаніе въ памяти ихъ признаковъ. Такъ, если мы знаемъ общіе признаки большой группы предметовъ внѣшняго міра, напримѣръ, цѣлаго класса животныхъ (млекопитающія, птицы и т. п.), то этимъ работа памяти значительно облегчается сравнительно съ тѣмъ, если бы мы должны были запомнить признаки каждаго отдѣльнаго предмета. Кромѣ того, при изложеніи научныхъ данныхъ, благодаря этому, значительно сберегается время и работа, такъ какъ отпадаютъ многочисленныя повторенія, которыя иначе были бы неизбѣжны. Когда мы знакомимся съ новыми объектами природы, то научное изслѣдованіе ихъ начинается съ опредѣленія ихъ признаковъ, чтобы установить, къ какому отдѣлу они относятся, въ какомъ мѣстѣ системы находятъ они свое положеніе. Основанія, на которыхъ производится классификація, могутъ быть различны. Можно избрать основаніемъ для дѣленія какой-нибудь одинъ выдающійся признакъ, напримѣръ, число тычинокъ у цвѣтковыхъ растеній (въ линнеевской системѣ). Такія системы называются **искусственными**. Чѣмъ болѣе, однако, принимаются во вниманіе всѣ важные признаки, тѣмъ болѣе можно быть увѣреннымъ, что въ одинъ и тотъ же отдѣлъ будутъ включены, дѣйствительно, сходные въ главныхъ признакахъ объекты; это будетъ **классификація естественная**.

7. Различные способы подраздѣленія. Раздѣленіе предметовъ природы на три царства: минераловъ, растеній и животныхъ, хотя и достаточно для того, чтобы каждый предметъ нашелъ свое мѣсто въ одномъ изъ этихъ царствъ, однако, несмотря на это, есте-

ственныя науки нуждаются еще и въ другихъ подраздѣленіяхъ. Можетъ быть, напримѣръ, желательно, въ виду большаго значенія какого-нибудь отдѣльнаго объекта, сдѣлать его предметомъ особаго изученія, если даже этотъ объектъ сложенъ и состоитъ изъ частей, которыя, будучи разсматриваемы сами по себѣ, принадлежатъ къ двумъ или тремъ царствамъ природы. Такъ, напримѣръ, мы дѣлаемъ предметомъ особой науки (географіи) изученіе земли, какъ цѣлаго, особенно въ смыслѣ ея значенія, какъ мѣстожительства человѣка, или звѣздное небо (астрогнозія), или самого человѣка (антропологія). Если при изученіи человѣка мы не ограничиваемся только описаніемъ внѣшнихъ свойствъ и наиболѣе важныхъ различій (расы и т. д.), а стремимся путемъ расчлененія изслѣдовать и внутреннее строеніе, то получаемъ данныя, составляющія содержаніе науки, называемой анатоміей. Подобное расчлененіе можетъ быть примѣнено также и къ каждому отдѣльному животному; такимъ образомъ, можно говорить объ анатоміи собаки, лошади или морского ежа. Если обращаютъ вниманіе особенно на сравненіе формъ и организацію, то приходятъ къ сравнительной анатоміи животнаго царства или отдѣльныхъ частей его. Такимъ же образомъ существуетъ анатомія растеній, равнымъ образомъ предметомъ болѣе тщательнаго описанія можетъ быть и внутреннее строеніе горныхъ породъ (петрографія).

8. **Морфологія. Исторія развитія.** Анатомія животныхъ и растеній — ихъ противопоставляютъ, какъ организованные или живые объекты, неорганизованнымъ или неживымъ — не ограничивается внѣшнимъ описаніемъ и грубымъ расчлененіемъ посредствомъ скальпеля, но пытается, при помощи микроскопа, достигнуть познанія тончайшаго строенія (структуры) этихъ организмовъ. Полученныя такимъ путемъ данныя пролили яркій свѣтъ и на внѣшнія формы, которыми обыкновенно характеризуются растенія и животныя, сдѣлавъ ихъ болѣе доступными нашему пониманію. Въ послѣднее время обозначаютъ совокупность знаній о формахъ живыхъ существъ — мы назовемъ ихъ такъ, ради краткости, въ отличіе отъ предметовъ неживой природы — морфологіей.

Но мы не можемъ, изучая формы живыхъ организмовъ, не замѣтить, что эти формы непостоянны, что у одного и того же организма наблюдается смѣна различныхъ формъ. При благопріятныхъ условіяхъ, мы можемъ прослѣдить эту смѣну на одномъ и томъ же организмѣ шагъ за шагомъ и, такимъ образомъ, получить его исторію или, какъ обыкновенно называютъ, исторію его развитія. Если мы будемъ, напримѣръ, наблюдать лягушку, то увидимъ, что форма готоваго животнаго произошла изъ существа совершенно иного вида, лягушечьей личинки или головастика, который въ свою очередь развился изъ такъ называемаго яйца. Такимъ же образомъ развивается растеніе (напримѣръ горохъ) изъ такъ называемаго сѣмени (горошины), а это сѣмя въ свою очередь развилось изъ меньшаго образованія, которое и здѣсь называется яйцомъ.

При обсужденіи подобныхъ вопросовъ наука уже выходитъ изъ области простого описанія формъ. Къ изслѣдованію вопросовъ о развитіи примыкаютъ вопросы объ измѣненіяхъ или о томъ, что въ предисловіи мы назвали явленіями.

На самомъ дѣлѣ, морфологическія науки далеко вышли за узкія рамки простого описанія формъ, которое раньше составляло ихъ единственное содержаніе. Тоже самое, въ большей или меньшей степени, происходитъ также и съ науками, изслѣдующими предметы неоживленной природы.

Къ описанію камней примыкаютъ вопросы о способѣ ихъ происхожденія, къ описанію современнаго состоянія земли вопросы о процессахъ, приведшихъ къ теперешнимъ формаціямъ. Обнаруживается, что подобныя измѣненія не только происходили, но и продолжаютъ безпрерывно происходить. Такимъ образомъ, наше вниманіе направляется на другую огромную область, достойную изученія. Рядомъ съ тѣмъ, что есть, мы хотимъ также знать, что происходитъ, что совершается съ существующими предметами.

9. **Явленія; движенія.** Такимъ образомъ, явленія это—воспринимаемыя нами измѣ-

ненія предметовъ внѣшняго міра. Но такъ какъ всѣ наши понятія о внѣшнемъ мірѣ связаны съ пространствомъ и временемъ, какъ съ формами воспріятія, то мы можемъ также сказать, явленія это—измѣненія предметовъ въ пространствѣ и времени. Мы видимъ, напримѣръ, въ слѣдующіе другъ за другомъ промежутки времени два предмета или тѣла, A и B въ различныхъ положеніяхъ относительно другъ друга. Если мы имѣемъ впечатлѣніе, что одно изъ этихъ тѣлъ не измѣнило при этомъ своего положенія въ пространствѣ, то мы говоримъ, что другое подвинулось. Движенія всегда лишь относительны. Если два тѣла двигаются въ одинаковомъ направленіи и съ одинаковою скоростью, то ихъ положеніе относительно другъ друга не измѣняется, но измѣняется ихъ положеніе по отношенію къ другимъ предметамъ, Для нашего перваго впечатлѣнія особенное значеніе имѣетъ движеніе тѣлъ внѣшняго міра по отношенію къ нашему собственному тѣлу.

Измѣненія, которыя мы наблюдаемъ на предметахъ, не мѣняющихъ, во время наблюденія, своего положенія (по отношенію къ другимъ предметамъ), должны быть разсматриваемы во многихъ случаяхъ, какъ мы это подробнѣе увидимъ ниже, какъ относительныя движенія отдѣльныхъ частей предмета.

10. **Физика и химія.** Въ упомянутыхъ до сихъ поръ наукахъ первое мѣсто принадлежало разсматриваемымъ предметамъ. Ихъ признаки изслѣдовались и описывались; явленія же или измѣненія, наблюдаемыя на этихъ объектахъ, стояли на второмъ мѣстѣ. Но существуютъ также науки, которыя дѣлаютъ предметомъ своего изученія явленія, какъ таковыя, не обращая особаго вниманія на отдѣльные предметы, въ которыхъ, въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ, обнаруживаются эти явленія. Шире всего примѣняется это въ физикѣ. Въ самомъ дѣлѣ, при многихъ ея проблемахъ можно совершенно оставить въ сторонѣ частныя свойства предметовъ; только общія ихъ свойства должны быть приняты во вниманіе. Напримѣръ, для явленій такъ называемой тяжести совершенно безразлично, наблюдаемъ ли мы ея проявленіе на камнѣ или на животномъ. Физика занимается только такими процессами, при которыхъ, какъ обыкновенно говорятъ, составъ *) и существенныя свойства тѣла остаются неизмѣнными. Если, напротивъ, происходятъ измѣненія въ составѣ, если возникаютъ тѣла съ другими существенными свойствами, то мы имѣемъ дѣло съ явленіями, составляющими область химіи. Оба рода явленій, физическія и химическія, безпрерывно происходятъ въ живыхъ организмахъ и поэтому физіологія, которая спеціально занимается своеобразными процессами, наблюдаемыми въ живыхъ существахъ, въ большей части своего содержанія является физикой и химіей живыхъ организмовъ.

11. **Біологія.** Все, получаемое при естественно-научномъ изслѣдованіи живыхъ существъ, составляетъ содержаніе морфологіи и физіологіи. Ихъ объединяютъ также подъ общимъ именемъ біологіи. Занятія физіологіей почти невозможны безъ вторженій въ сложныя области морфологіи. Явленія, составляющія предметъ изученія физіологіи, въ такой степени зависятъ отъ форменныхъ составныхъ частей живыхъ организмовъ и отъ обусловливаемыхъ формою свойствъ, что безъ знанія морфологіи невозможно изученіе этихъ явленій. Поэтому, для занятія физіологіей человѣка необходимо предварительное знакомство съ его грубой и тонкой анатоміей.

Иногда выражаютъ эти отношенія, говоря, что анатомія вспомогательная наука для физіологіи. Этимъ никоимъ образомъ не устанавливается родъ какого-либо подчиненія. Каждая изъ этихъ наукъ имѣетъ свое самостоятельное значеніе. Потребность увеличивать свои свѣдѣнія чувствуется въ большей или меньшей степени каждымъ человѣкомъ. Но большее удовлетвореніе доставляетъ лишь пріобрѣтеніе *систематизированнаго* знанія, какъ того требуютъ отдѣльныя науки. Объемъ матеріала, подлежащаго изученію, принуждаетъ ограничиваться какою-нибудь опредѣленною областью, такъ какъ одному человѣку не подъ силу одинаково глубоко ознакомиться съ различными областями знанія. Выборъ той или другой области для изученія

*) Что должно подразумѣвать подъ этимъ, будетъ сказано позже, въ соотвѣтственномъ мѣстѣ.

зависитъ отъ склонностей, природнаго дарованія и т. д. Но какую бы кто область не избралъ для своего спеціальнаго изученія, ему постоянно приходится затрагивать смежныя области въ той степени, въ какой это необходимо для пониманія явленій, представляющихъ предметъ его спеціальнаго изученія. Въ этомъ смыслѣ, т. е. въ отношеніи къ избранной спеціальности, эти смежныя области являются вспомогательными науками, независимо отъ того значенія, которое онѣ имѣютъ какъ самостоятельныя науки.

12. Отношеніе физіологіи къ физикѣ и химіи. Такъ какъ въ живыхъ организмахъ безпрерывно протекаютъ физическіе и химическіе процессы и такъ какъ эти послѣдніе составляютъ большую часть того, что является предметомъ нашего изслѣдованія, то можно было бы съ полнымъ правомъ назвать физіологію физикой и химіей жизненныхъ явленій. Происходятъ-ли въ живыхъ организмахъ, кромѣ физико-химическихъ, процессы еще другого рода и должны ли послѣдніе быть обозначены какъ жизненныя явленія въ другомъ и особенномъ смыслѣ, это вопросъ, который позднѣе мы разсмотримъ особо. По крайней мѣрѣ, до сихъ поръ чѣмъ больше расширяются наши свѣдѣнія о жизненныхъ явленіяхъ, тѣмъ больше представляется возможнымъ многія изъ нихъ свести къ физико-химическимъ явленіямъ. Но во всякомъ случаѣ всѣ процессы, протекающіе въ живыхъ организмахъ, относятся къ области физіологіи, и открытіе связи между этими процессами и другими, уже извѣстными намъ, представляетъ главнѣйшую задачу физіолога, при его естественно-научномъ изслѣдованіи.

Напримѣръ, движеніе крови (кровообращеніе), необходимое для жизни высшихъ животныхъ, есть чисто-физическое явленіе; для его пониманія требуется знаніе законовъ движенія жидкостей по трубкамъ, послѣдніе же разсматриваются въ особомъ отдѣлѣ физики, гидродинамикѣ. Выясненіе физической стороны этого процесса и тѣхъ особенныхъ условій, которыя должны быть принимаемы въ разсчетъ при изслѣдованіи движенія крови по кровеноснымъ сосудамъ, представляетъ одинъ изъ важнѣйшихъ успѣховъ въ области физіологическаго изученія. Процессъ пищеваренія слагается изъ цѣлаго ряда явленій, въ концѣ концовъ приводящихъ къ растворенію принятыхъ веществъ и послѣдующему затѣмъ всасыванію, т. е. поступленію въ соки животнаго тѣла. Первое явленіе, по своему существу, химическаго характера, послѣднее физическаго. Чѣмъ дальше подвигаемся мы въ познаніи всѣхъ этихъ процессовъ, тѣмъ полнѣе можемъ мы дать картину жизненнаго процесса. Физіологъ поэтому долженъ быть знакомъ съ данными физики и химіи, чтобы быть въ состояніи примѣнить ихъ къ изученію процессовъ, происходящихъ въ живыхъ организмахъ. При этомъ во многихъ случаяхъ оказывается необходимымъ расширить область физическихъ и химическихъ изслѣдованій примѣнительно къ задачамъ, выдвигаемымъ при изученіи жизненныхъ процессовъ. Поэтому физіологъ бываетъ иногда вынужденъ производить чисто химическія и физическія изслѣдованія, чтобы почерпнуть изъ нихъ основанія для разрѣшенія особыхъ, поставленныхъ имъ задачъ.

13. Отношеніе къ патологіи. Жизненные процессы зависятъ не только отъ свойствъ отдѣльныхъ частей организма, но также и отъ свойствъ окружающей среды. Если тѣ или другія представляютъ какія либо отклоненія отъ нормы, то и ходъ жизненныхъ процессовъ отклоняется соотвѣтственнымъ образомъ отъ нормально-наблюдаемаго. Если отклоненія значительны, то нормальное теченіе процессовъ нарушается, и послѣдніе приходятъ въ безпорядокъ. Мы говоримъ тогда, что организмъ боленъ. Болѣзнь можетъ окончиться или прекращеніемъ жизни организма, т. е. его смертью или же возвращеніемъ къ нормѣ, т. е. выздоровленіемъ, или же, наконецъ, жизнь хотя и сохраняется, но ходъ жизненныхъ процессовъ въ отдѣльныхъ частяхъ организма въ теченіе долгаго времени остается ненормальнымъ. Изученіемъ такихъ отклоненій занимается патологія. Мы можемъ поэтому разсматривать ее, какъ вѣтвь физіологіи, какъ ученіе о ходѣ жизненныхъ явленій при ненормальныхъ, болѣзненныхъ условіяхъ. Чѣмъ точнѣе наши свѣдѣнія о нормальныхъ жизненныхъ процессахъ, тѣмъ лучше мы будемъ умѣть распознавать болѣзненныя измѣненія послѣднихъ и понимать ихъ. Но хотя физіологія и служитъ настоящей основой для патологіи, однако, во многихъ случаяхъ отношенія дѣлаются обратными, и патологія является тогда въ роли наставницы физіологіи. При крайней запутанности жизнен-

ныхъ процессовъ, при ихъ тѣсной зависимости другъ отъ друга и при ихъ совмѣстной дѣятельности часто представляется весьма труднымъ точно прослѣдить эти процессы, чтобы придти къ надлежащему пониманію ихъ. Въ такихъ случаяхъ патологическія состоянія съ ихъ отклоненіями нерѣдко даютъ указанія, на которыхъ можетъ быть построено и облегчено ихъ пониманіе. Такъ, напримѣръ, отдѣльныя части живого организма могутъ, вслѣдствіе заболѣванія, совершенно прекратить свою дѣятельность, отъ этого въ общей картинѣ хода процессовъ возникаютъ большія или меньшія измѣненія, а это даетъ намъ возможность для вывода заключеній о той или другой роли заболѣвшихъ частей при нормальномъ теченіи жизни.

14. **Жизненныя явленія въ узкомъ смыслѣ слова.** Не всѣ явленія, наблюдаемыя нами у живыхъ существъ, исключительно свойственны имъ. Нѣкоторыя явленія происходятъ у нихъ въ такомъ же видѣ и такомъ же объемѣ, какъ и у другихъ неживыхъ предметовъ природы. Такъ напримѣръ, всякое животное имѣетъ опредѣленный объемъ и опредѣленный вѣсъ; если центръ его тяжести не подпертъ, то оно падаетъ на землю. Это не жизненное явленіе, оно такимъ же образомъ происходитъ и у камня. Если мы точно взвѣсимъ животное, затѣмъ запремъ его на нѣсколько часовъ въ клѣтку и, по истеченіи этого времени, снова взвѣсимъ, то мы найдемъ, что оно потеряло въ вѣсѣ. Если мы точно взвѣсимъ сосудъ съ водою, оставимъ его стоять открытымъ и, по истеченіи нѣсколькихъ часовъ, снова взвѣсимъ, то мы по большей части также найдемъ потерю въ вѣсѣ, потому что часть воды испарилась, т. е. перешла въ газообразную форму и смѣшалась съ воздухомъ, находящимся надъ водою. Если мы взвѣсимъ раскаленный уголь и затѣмъ оставимъ его тлѣть, то при слѣдующемъ взвѣшиваніи мы найдемъ, что и его вѣсъ уменьшился. Въ этомъ случаѣ химія насъ учитъ, что углеродъ, изъ котораго состоитъ уголь, соединяется съ кислородомъ, составною частью атмосфернаго воздуха, образуя углекислоту, и что этотъ газъ уходитъ въ окружающій воздухъ. Физіологическое изслѣдованіе показываетъ, что оба эти процесса совершаются и у животныхъ: животное отдаетъ воду и углекислоту и поэтому теряетъ въ вѣсѣ. Несмотря на это, наблюдаемыя въ животномъ организмѣ потери вѣса мы относимъ къ жизненнымъ явленіямъ. Дѣло въ томъ, что эти процессы связаны съ другими жизненными явленіями, они происходятъ при опредѣленныхъ, только въ живыхъ существахъ находимыхъ, условіяхъ и представляютъ, слѣдовательно, особый случай тѣхъ химическихъ и физическихъ процессовъ, которые наблюдаются при тлѣніи угля и испареніи воды.

Если мы бросимъ кошку съ умѣренной высоты, то мы замѣтимъ, что ея паденіе будетъ отличаться отъ паденія камня. Говорятъ, можно бросить кошку, какъ угодно, она всегда упадетъ на ноги. Я не знаю, дѣйствительно ли это всегда бываетъ, но во многихъ случаяхъ это несомнѣнно происходитъ. Кошка во время паденія такъ поворачивается, что касается почвы прежде всего ногами. Физіологія учитъ насъ, что это зависитъ отъ дѣятельности мышцъ и нервной системы кошки. А такъ какъ мышцы и нервы являются принадлежностью только живыхъ существъ, то здѣсь мы имѣемъ, слѣдовательно, дѣло съ жизненными явленіями и при томъ болѣе специфическаго рода, чѣмъ въ предшествующемъ примѣрѣ.

Съ нашей стороны было бы преждевременно принять, что эти жизненныя явленія принципіально отличны отъ процессовъ мертвой природы. Движенія животныхъ—очень сложные процессы. Изслѣдованію ихъ въ физіологіи отводится значительное мѣсто, и только болѣе тщательное изученіе ихъ въ состояніи рѣшить, могутъ ли эти процессы быть сведены къ процессамъ неживой природы или же они совершенно отличны отъ нихъ.

15. **Подраздѣленія физіологіи.** Нѣкоторыя жизненныя явленія общи всѣмъ живымъ организмамъ, существованіе другихъ, напротивъ, можетъ быть доказано только у нѣкоторыхъ группъ живыхъ существъ. Но и тѣ процессы, которые общи большему числу

живыхъ существъ, могутъ, смотря по устройству и приспособленіямъ послѣднихъ, проявляться различнымъ образомъ. Мы можемъ поэтому различнымъ образомъ излагать многочисленные процессы, систематическое описаніе которыхъ составляетъ предметъ физіологіи. Способъ изложенія будетъ зависѣть отъ того, что мы будемъ имѣть въ виду; мы можемъ или описать возможно полно всѣ жизненныя явленія, какъ они наблюдаются у одного какого нибудь опредѣленнаго живого существа, напримѣръ, у человѣка, или же разсмотрѣть каждое изъ жизненныхъ явленій, какъ дыханіе, питаніе и т. д. въ отдѣльности, прослѣдить, такъ сказать, ихъ сравнительно физіологически у различныхъ организмовъ. Изложеніе перваго рода представляетъ то, что обыкновенно называютъ спеціальной физіологіей одного опредѣленного живого существа; сполна проводится такое описаніе только въ физіологіи человѣка; попытки второго рода изложенія, т. е. того, что называется сравнительной физіологіей дѣлались много разъ, сообразно данному состоянію науки, въ болѣе или менѣе полной формѣ Галлеромъ, Рудольфи, Іоганномъ Мюллеромъ, Бергманномъ и Лейкартомъ и, наконецъ, Мильнъ Эдвардсомъ, причемъ обыкновенно изложеніе ограничивалось животнымъ міромъ или только нѣкоторою частью его. Физіологія растеній, отдѣляемая обыкновенно отъ физіологіи животныхъ, составляетъ частьботаники.

Если разсматриваютъ жизненныя явленія вообще, безъ отношенія къ отдѣльнымъ организмамъ, пытаясь выяснить ихъ суть частью путемъ сравненія ихъ другъ съ другомъ, частью съ подобными имъ или тожественными процессами неоживленной природы, то получаютъ представленіе о тѣхъ процессахъ, которые могутъ быть разсматриваемы какъ специфическія жизненныя явленія. Вслѣдствіе ихъ взаимодѣйствія образуются тѣ комбинированныя жизненныя проявленія, изученіе которыхъ составляетъ предметъ спеціальной физіологіи. Изученіе жизненныхъ явленій самихъ по себѣ, какъ бы освобожденныхъ отъ особыхъ условій, среди которыхъ они въ различныхъ видоизмѣненіяхъ проявлялись у различныхъ животныхъ, составляетъ предметъ Общей физіологіи.

Отрывки послѣдней, при подходящемъ случаѣ излагаются въ учебникахъ спеціальной физіологіи на ряду съ избранными отдѣлами изъ физики, химіи и другихъ наукъ, которыя представляются полезными для освѣщенія отдѣльныхъ физіологическихъ проблемъ. Но общая физіологія вслѣдствіе обилія матеріала въ ней разсматриваемаго, получила право на самостоятельное изложеніе, и это вполнѣ оправдывается тѣмъ, что она оказываетъ услуги не только въ дѣлѣ пониманія спеціальной физіологіи человѣка или какого либо другого организма, но полезна и для представителей другихъ научныхъ областей (ботаники, зоологіи и т. д.); приводя къ пониманію общихъ жизненныхъ явленій, она должна служить основаніемъ для всей біологіи. Въ этомъ смыслѣ сдѣлана попытка изложить въ послѣдующихъ главахъ этой книги общую физіологію.

Спеціальныхъ физіологій должно быть столько, сколько существуетъ группъ живыхъ организмовъ, различныхъ другъ отъ друга въ ихъ внѣшнихъ жизненныхъ проявленіяхъ. Наиболѣе ясныя различія и въ формахъ и жизненныхъ процессахъ наблюдаются между двумя большими группами или царствами, обозначаемыми какъ растенія и животныя. Между львомъ и дубомъ различія настолько значительны, что трудно найти что либо общее въ ихъ жизненныхъ проявленіяхъ. Но съ другой стороны нѣкоторыя животныя своей внѣшней формой такъ похожи на растенія, что могутъ быть приняты за послѣднія и только физіологическое изслѣдованіе указываетъ на сходство ихъ жизненныхъ процессовъ съ процессами, наблюдаемыми у другихъ животныхъ. Въ другихъ случаяхъ изслѣдованіе показываетъ, что специфическія свойства, которыми обыкновенно животныя рѣзко отличаются отъ растеній, или совсѣмъ не выражены, или такъ слабо или же они такъ перемѣшаны [1]), что трудно или совершенно невозможно рѣшить, имѣется ли дѣло съ живот-

[1]) Въ нѣкоторыхъ случаяхъ эти свойства раздѣлены во времени; одинъ и тотъ же организмъ въ теченіе нѣкотораго времени живетъ какъ животное, въ теченіе другого какъ растеніе.

нымъ или растеніемъ. Дѣленіе живыхъ организмовъ на растенія и животныя не можетъ быть, слѣдовательно, такъ строго проведено, какъ это кажется съ перваго взгляда. Поэтому было предложено дѣленіе ихъ на три группы: 1) протисты, т. е. организмы, которые не обнаруживаютъ явленій, характерныхъ для животныхъ или растеній, представляя собой, такъ сказать, просто организмы; 2) растенія; 3) животныя. Сообразно этому можно было бы различать:

1) физіологію протистовъ,
2) физіологію растеній,
3) физіологію животныхъ.

Большое число животныхъ и растеній, какъ мы позднѣе разъяснимъ подробно, составлено или произошло изъ частей, совершенно подобныхъ тѣлу протистовъ. Эти части называются клѣтками. Поэтому пытались всѣ жизненныя явленія вывести изъ свойствъ клѣтокъ, а эти послѣднія изслѣдовать на протистахъ, которые могутъ быть разсматриваемы, какъ изолированныя живыя клѣтки. Мы увидимъ, что этотъ способъ изученія разъяснилъ многое въ запутанныхъ жизненныхъ явленіяхъ. Но это въ свою очередь заставляетъ насъ особенно отмѣтить, что изученіе свойствъ протистовъ, доступныхъ, вслѣдствіе своей незначительной величины, почти только микроскопическому изслѣдованію, сопряжено съ большими трудностями. Многіе методы изысканія къ нимъ вообще непримѣнимы. Важныя жизненныя явленія протистовъ сдѣлались намъ вообще извѣстны только потому, что мы имѣли случай изучить ихъ на сложныхъ организмахъ, и на основаніи отдѣльныхъ фактовъ могли съ большой вѣроятностью заключить, что и у протистовъ должны происходить подобныя явленія. При сложеніи многихъ, подобныхъ протистамъ, клѣтокъ въ сложные живые организмы происходитъ, какъ будетъ позднѣе показано, такое измѣненіе, что отдѣльныя явленія дѣлаются яснѣе и легче замѣтными. Только послѣ того, какъ эти послѣднія были изучены у сложныхъ организмовъ, они, несмотря на ихъ слабое проявленіе, могли быть распознаны и у протистовъ. Въ крошечной массѣ живого вещества, какою представляется тѣло протистовъ, соединены различныя свойства, которыя у другихъ живыхъ существъ распредѣлены между различными частями ихъ тѣла и при томъ въ болѣе рѣзко выраженной и потому легче распознаваемой формѣ. Изъ всего этого вытекаетъ невозможность изученія только на протистахъ всего что составляетъ содержаніе общей физіологіи. Для этой цѣли слѣдуетъ пользоваться всѣми живыми существами, выбирая среди нихъ въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ тѣ, у которыхъ изучаемое явленіе яснѣе выражено. Только путемъ сравненія такимъ образомъ полученныхъ данныхъ мы достигаемъ пониманія запутанныхъ процессовъ, протекающихъ у протистовъ и у сложныхъ организмовъ.

Различные отдѣлы физіологіи съ теченіемъ времени получили весьма различное развитіе. Всего болѣе разработана физіологія человѣка, уже въ силу одного ея значенія для медицины. Но нѣкоторыя жизненныя явленія или совсѣмъ нельзя изучать прямо на человѣкѣ или же только крайне неполно. Въ такихъ случаяхъ приходится обращаться къ физіологіи животныхъ, а именно млекопитающихъ, во всѣхъ существенныхъ чертахъ своего анатомическаго строенія сходныхъ съ человѣкомъ, но при этомъ требуется еще установить, въ какой степени и съ какими поправками найденные факты могутъ быть перенесены на человѣка. Нѣкоторыя явленія болѣе доступны изслѣдованію на такъ называемыхъ холоднокровныхъ животныхъ. Изъ такихъ то отдѣльныхъ наблюденій, сдѣланныхъ на различныхъ организмахъ, и составляется содержаніе физіологіи, если даже, при изложеніи ея, особенно имѣется въ виду какой нибудь одинъ опредѣленный видъ, напримѣръ, человѣкъ.

16. Физіологическая химія. При вышеизложенномъ дѣленіи физіологіи, какъ мы видѣли, главное мѣсто принадлежитъ тому организму, жизненные процессы котораго составляютъ предметъ изученія, но можно также предметомъ изученія сдѣлать и опредѣленныя группы самихъ процессовъ, какъ напримѣръ, дыханіе, питаніе и т. д. съ цѣлью прослѣ-

дить ихъ проявленіе черезъ все животное и (насколько они встрѣчаются) растительное царство. Подобный способъ изложенія отдѣльныхъ жизненныхъ процессовъ, во многихъ отношеніяхъ полезный и поучительный, встрѣчается до сихъ поръ еще относительно рѣдко. Впрочемъ, для одной группы явленій въ этомъ отношеніи дѣлается исключеніе, а именно для ученія о химическихъ процессахъ, протекающихъ въ животныхъ организмахъ. Сначала эти процессы въ числѣ прочихъ изучались химиками, но съ тѣхъ поръ какъ химія выдѣлилась въ самостоятельную науку, раздѣленіе между ней и физіологической химіей сдѣлалось необходимымъ, такъ какъ одному изслѣдователю, даже при усиленной его дѣятельности, является почти невозможнымъ одинаково полно охватить всѣ отдѣлы химіи. Но и физіологу—спеціалисту теперь уже болѣе не подъ силу одинаково полно изслѣдовать и химическіе процессы животнаго тѣла и другія физіологическія явленія, поэтому пришли къ тому, что отдѣльные изслѣдователи спеціально и подробно изучаютъ химическую сторону жизненныхъ явленій, и физіологическая химія преподается какъ особая наука и какъ таковая излагается въ особыхъ руководствахъ.

Это раздѣленіе труда, вслѣдствіе лучшаго химическаго образованія, которымъ обладаютъ подобные спеціалисты, много содѣйствовало научному успѣху. Но при изложеніи общей физіологіи химическіе процессы не могутъ быть обособляемы, а должны быть представлены въ соотвѣтственномъ мѣстѣ въ связи со всѣми другими. То, что при изслѣдованіи предпочтительно раздѣлять, при изложеніи полученныхъ данныхъ должно быть снова связано и представлено въ соотвѣтственномъ порядкѣ. При жизненныхъ отправленіяхъ всѣ процессы тѣсно связаны между собою и только взятые во всей своей совокупности составляютъ тѣ своеобразныя пружины, которыми обусловливается весь ходъ жизни.

17. Психическія явленія. Мы должны еще упомянуть объ одной особой группѣ жизненныхъ явленій, именно о процессахъ ощущенія и сознанія. Эти процессы, разсматриваемые нами какъ непосредственные источники всякаго познанія, сами могутъ быть также предметомъ изслѣдованія. При этомъ мы почти исключительно пользуемся самонаблюденіемъ. О томъ, что такіе же процессы происходятъ и у другихъ живыхъ существъ, мы узнаемъ только косвеннымъ путемъ, путемъ немногихъ и несовершенныхъ способовъ. Мы часто заключаемъ объ ихъ существованіи и у другихъ живыхъ существъ на основаніи явленій, которыя дѣйствуютъ на наши органы чувствъ какъ «физическія» и воспринимаются подобно всякимъ другимъ явленіямъ природы, какъ напримѣръ, измѣненія въ выраженіи лица, различныя движенія, крики и т. д. Эти сопутствующія явленія побуждаютъ насъ предположить, что и у другихъ людей, а также и у животныхъ происходятъ тѣ-же процессы, которые мы познали у себя путемъ самонаблюденія. Насколько дѣло касается другихъ людей, мы почерпаемъ объ этихъ процессахъ болѣе точныя свѣдѣнія черезъ непосредственное сообщеніе путемъ рѣчи; изъ сравненія этихъ сообщеній съ собственными состояніями сознанія и изъ наблюденія только что упомянутыхъ сопутствующихъ явленій составляется вся сумма нашего знанія о процессахъ ощущенія и сознанія.

Эти процессы подъ именемъ психическихъ или душевныхъ обыкновенно совершенно отдѣляютъ отъ другихъ явленій природы и относятъ ихъ изученіе къ особой отрасли философіи, называемой психологіей. Но мы должны строго различать фактическую сторону явленій отъ умозрѣній по ихъ поводу. Вопросы о сущности психическихъ процессовъ точно также, какъ и о сущности матеріи (этого воображаемаго основанія объективно воспринимаемыхъ явленій) вопросы метафизическіе и относятся къ области философіи. Фактическая же сторона процессовъ сознанія принадлежитъ къ жизненнымъ явленіямъ такъ же, какъ и всѣ другія внѣшнія проявленія любого живого существа, воспринимаемыя при посредствѣ органовъ чувствъ, какъ напримѣръ, различныя движенія, удары сердца и т. п. Физіологъ тѣмъ менѣе можетъ уклониться отъ изслѣдованія этихъ

процессовъ, что въ ихъ проявленіи принимаютъ участіе различные органы тѣла, органы чувствъ, первы, давать же свѣдѣнія о послѣднихъ его обязанность. Поэтому эту фактическую часть подъ именемъ физіологической психологіи отдѣляютъ отъ умозрительной или метафизической и разрабатываютъ ее или самостоятельно, какъ родъ промежуточной области между физіологіей и психологіей, или же какъ часть первой. Такъ какъ въ области физіологической психологіи отчасти примѣняются естественно научные методы, позаимствованные изъ физіологіи, то весьма естественно, что физіологи и физіологически образованные изслѣдователи больше всего содѣйствовали развитію этой области знанія.

Такъ какъ процессы сознанія единственный источникъ, посредствомъ котораго мы получаемъ свѣдѣнія о явленіяхъ внѣшняго міра, то точное изслѣдованіе связи между этими обоими рядами явленій имѣетъ огромную важность для правильнаго толкованія нашихъ наблюденій надъ явленіями природы вообще. Всѣмъ извѣстно, какъ часто при нашихъ ощущеніяхъ мы подвергаемся заблужденіямъ; напомню только о большой области оптическихъ обмановъ. Только изучая родъ и способъ возникновенія нашихъ чувственныхъ ощущеній и вызываемыхъ ими явленій сознанія, ведущихъ къ воспріятіямъ, мы получаемъ вѣрный критическій масштабъ, при помощи котораго является возможнымъ отдѣлить, что въ нашемъ наблюденіи объективно истинно и что истинно только субъективно. Изслѣдованія же о самихъ состояніяхъ сознанія и связанныхъ съ нимъ внутреннихъ воспріятіяхъ входитъ въ область психологіи.

ВТОРАЯ ГЛАВА.

Логическія основы естествознанія.

1. Сужденія. Все наше познаніе внѣшняго міра и его свойствъ покоится, какъ мы видѣли, на наблюденіяхъ, производимыхъ нами, при помощи нашихъ органовъ чувствъ. Наблюденіе, выраженное при посредствѣ рѣчи, называется сужденіемъ. Слова, изъ которыхъ составляется рѣчь, представляютъ названія или обозначенія опредѣленныхъ, находящихся въ нашемъ представленіи, отдѣльныхъ понятій или группы ихъ. Если мы, напримѣръ, говоримъ: эта роза—красная, то мы этимъ хотимъ выразить, что опредѣленной вещи, которую мы, на основаніи нѣкоторыхъ, извѣстныхъ намъ уже изъ прежнихъ наблюденій, признаковъ (видъ, запахъ и т. д.) называемъ «розой», долженъ быть, кромѣ того, приданъ на основаніи нашего теперешняго ощущенія, еще новый признакъ, который мы, опять таки на основаніи прежнихъ наблюденій, обозначаемъ словомъ «красный».

Мы видимъ отсюда, на сколько сложенъ, повидимому, такой простой процессъ, при помощи котораго мы приходимъ къ сужденію, «роза—красная».

Простыми сужденіями будутъ всегда только тѣ, которыя свидѣтельствуютъ что-нибудь о непосредственномъ ощущеніи. Слѣды такихъ ощущеній остаются сохраненными въ нашемъ воспоминаніи; изъ нихъ образуются представленія о болѣе или менѣе общихъ понятіяхъ, обозначаемыхъ нами опредѣленными словами (въ нашемъ случаѣ «роза» и «красный»). Они бываютъ или названіями вещей (роза) или признаковъ (красный), и сужденіе состоитъ въ томъ, что мы, на основаніи нашего теперешняго непосредственнаго ощущенія, имѣемъ поводъ выразить, что вещи (помимо признаковъ, выраженныхъ уже въ самомъ названіи «роза») принадлежитъ еще другой признакъ «красный».

2. Истинныя и ложныя сужденія. Несмотря на эти отношенія къ прежнимъ представленіямъ, находящимся въ нашемъ воспоминаніи, подобное сужденіе остается выраженіемъ отдѣльнаго, только что произведеннаго нами наблюденія. Прежнія наблюденія лишь послужили

для образованія понятій «роза» и «красный». Что оба они въ данномъ случаѣ являются соединенными вмѣстѣ, это составляетъ предметъ новаго наблюденія. Предложеніе, въ которомъ выражено это новое наблюденіе, можетъ быть поэтому обозначено какъ отдѣльное сужденіе. Нѣкоторыя изъ такихъ отдѣльныхъ наблюденій мы дѣлаемъ рѣдко, можетъ быть только разъ въ теченіе всей нашей жизни, другія, напротивъ, дѣлаемъ, подобнымъ или сходнымъ съ нимъ во многихъ частяхъ образомъ, чаще. Результаты такихъ повторныхъ наблюденій мы выражаемъ въ сужденіяхъ нѣсколько общаго характера, напримѣръ, многія розы красны; или: розы—хорошо пахнущіе цвѣты. Спрашивается, насколько вправѣ мы, приписать что либо относительно запаха розъ вообще всѣмъ розамъ, не дѣлая никакого ограниченія, такъ какъ изслѣдовать всѣ розы относительно ихъ запаха невозможно. На самомъ дѣлѣ, сужденіе, выраженное въ такой общей формѣ было бы неправильно: существуютъ розы, или совсѣмъ не имѣющія замѣтнаго запаха или же имѣющія запахъ совершенно отличный отъ запаха родственныхъ видовъ; мнѣ, напримѣръ, извѣстна прекрасная желтая роза, обладающая сильнымъ запахомъ, но далеко не пріятнымъ.

Такимъ образомъ, существуютъ правильныя и ложныя сужденія. Ложными сужденіями обыкновенно оказываются тѣ, которыя опираются не на одно единственное, въ данный моментъ существующее ощущеніе.

Если я говорю, этотъ цвѣтокъ не имѣетъ запаха, то и это можетъ при нѣкоторыхъ обстоятельствахъ оказаться ложнымъ. Можетъ быть у меня насморкъ и поэтому въ данную минуту я не въ состояніи слышать запаха, который для другого совершенно ясно выраженъ. Поэтому, мое сужденіе только субъективно правильно; для меня, въ моемъ настоящемъ состояніи, запахъ не слышенъ. Но то обстоятельство, что другіе его слышатъ, приведетъ меня къ предположенію, что причина моего сужденія лежитъ во мнѣ, а именно въ отсутствіи у меня соотвѣтственнаго ощущенія. Иначе съ сужденіями болѣе общаго характера. Если они ложны, то это можетъ зависѣть иногда отъ недостатка настоящаго или предшествующаго наблюденія, часто же отъ того, что мы изъ правильныхъ наблюденій выводимъ неправильныя заключенія. Мы дѣлаемъ тогда логическую погрѣшность. Поэтому необходимо, чтобы мы знали правила логики и принимали ихъ въ соображеніе для предохраненія себя отъ ложныхъ заключеній.

На основаніи вышеизложеннаго можно подумать, что сужденіе болѣе общаго характера, выведенное изъ нѣкотораго числа одинаковыхъ наблюденій, только тогда будетъ совершенно правильно, когда всѣ отдѣльные случаи были, дѣйствительно, наблюдаемы. Естественно, что это возможно лишь въ очень небольшомъ числѣ случаевъ. Если владѣлецъ сада говоритъ: всѣ растущія въ моемъ саду розы хорошо пахнутъ, то это сужденіе мы можемъ считать справедливымъ, при ограниченіи его конечнымъ числомъ розъ, растущихъ въ саду и извѣстныхъ владѣльцу и при предположеніи, что онъ обладаетъ здоровыми чувствами и вообще заслуживаетъ довѣрія. Сужденія о внѣшнемъ мірѣ или происходящихъ въ немъ явленіяхъ, высказанныя безъ подобнаго ограниченія, имѣли бы, напротивъ, всегда только условную степень достовѣрности. Мы должны были бы истины ради дѣлать къ нимъ всегда приблизительно слѣдующую прибавку: «насколько простирается наше теперешнее наблюденіе».

Ближайшее разсмотрѣніе показываетъ далѣе, что сужденія, покоящіяся на наблюденіи всѣхъ отдѣльныхъ случаевъ, не расширяютъ нашего знанія за предѣлы того, чему научилъ насъ каждый случай въ отдѣльности.

Если я нахожу, что изъ 10 или 100 изслѣдованныхъ мною розъ роза 1 хорошо пахнетъ, также роза 2, роза 3 и т. д. до послѣдней и если я затѣмъ всѣ эти отдѣльныя наблюденія объединю въ болѣе общемъ положеніи: всѣ эти розы хорошо пахнутъ, то этимъ я только **короче высказалъ** уже извѣстное мнѣ раньше. Краткость выраженія, которую

допускаетъ рѣчь употребленіемъ подобныхъ обозначеній, какъ «всѣ эти», имѣетъ большое значеніе для объясненій въ обыденной жизни и въ наукѣ. Но новыя истины сужденіями подобнаго рода не пріобрѣтаются. Поэтому, спрашивается, возможно ли вообще изъ извѣстнаго числа отдѣльныхъ сужденій, составленныхъ на основаніи наблюденія сдѣлать болѣе общее сужденіе, которое скажетъ больше, чѣмъ сумма отдѣльныхъ сужденій. Мы разсмотримъ, при какихъ обстоятельствахъ допустимо подобное обобщеніе, при какихъ условіяхъ полученныя такимъ путемъ сужденія заслуживаютъ довѣрія.

3. **Ассоціація представленій.** Воспріятія, изъ которыхъ составляется наше наблюденіе, рѣдко бываютъ просты. Роза, которую мы разсматриваемъ, одновременно производитъ впечатлѣніе на различныя наши чувства; она имѣетъ опредѣленный видъ и окраску, имѣетъ запахъ, ея лепестки мягки на ощупь и гибки, въ то время какъ находящіеся на стеблѣ шипы тверды и остры. Все, что мы воспринимаемъ при внимательномъ разсматриваніи предмета и что мы называемъ его признаками, запечатлѣвается въ нашей памяти, но не каждый изъ признаковъ въ отдѣльности, а всѣ вмѣстѣ въ томъ сочетаніи, въ которомъ они безпрестанно воспринимаются нами. Совокупность этихъ воспоминаній образуетъ такъ называемую ассоціацію. Это имѣетъ слѣдствіемъ что когда снова всплываетъ воспоминаніе объ одномъ или нѣсколькихъ изъ этихъ впечатлѣній, пробуждаются тотчасъ же и другія ассоціированныя съ ними представленія *). Достаточно, напримѣръ, чтобы мы подумали только о запахѣ розы (т. е. точно говоря, чтобы до нашего сознанія дошло представленіе объ этомъ своеобразномъ ощущеніи), чтобы вмѣстѣ съ этимъ въ сознаніи пробудилась и цѣлая цѣпь ассоціированныхъ представленій: формы, окраски, шиповъ и т. д.

Чѣмъ чаще мы испытывали опредѣленный рядъ отдѣльныхъ ощущеній, соединенныхъ другъ съ другомъ однимъ и тѣмъ же образомъ, тѣмъ прочнѣе будетъ ассоціація между ними. Отъ этого самая прочная ассоціація существуетъ между тѣми признаками одного и того же предмета, которые всегда или, по крайней мѣрѣ, очень часто являются связанными между собою. Человѣкъ, котораго мы хорошо знаемъ, обладаетъ большимъ числомъ извѣстныхъ намъ признаковъ; нѣкоторые изъ нихъ присущи ему наравнѣ съ другими людьми, остальные же свойственны исключительно ему и настолько, что по нимъ мы отличаемъ его отъ остальныхъ людей. Поэтому достаточно намъ услышать его голосъ или только его походку, чтобы тотчасъ вспомнить всю его личность, совершенно ясно представить его себѣ, прежде чѣмъ онъ войдетъ въ комнату. Предметамъ съ большимъ числомъ сходныхъ признаковъ отвѣчаютъ общія ассоціаціи. Относящіяся къ нимъ представленія называются понятіями о предметахъ. Если выражаютъ содержаніе этихъ понятій словами, то получаютъ опредѣленія понятій. Хорошія опредѣленія, въ которыхъ правильно указаны существенные признаки (менѣе существенные оставляются въ сторонѣ), оказываютъ большую пользу при сношеніяхъ путемъ рѣчи, а особенно при передачѣ научныхъ данныхъ.

Представленія о различныхъ вещахъ или различныхъ явленіяхъ могутъ быть тоже ассоціированы между собою. Это будетъ всегда, когда мы часто воспринимали **) ихъ одно возлѣ другого или одно непосредственно за другимъ или же когда они имѣютъ довольно большое число общихъ признаковъ. Такъ какъ всѣ вещи, принадлежащія къ одному классу обладаютъ рядомъ общихъ признаковъ (напримѣръ, всѣ розы, всѣ цвѣты, всѣ растенія), то въ нашихъ представленіяхъ существуетъ извѣстное число ассоціацій для этихъ общихъ

---

*) Болѣе подробное обсужденіе ассоціацій, играющихъ при всѣхъ нашихъ воспріятіяхъ важную роль, должно быть предоставлено физіологіи чувствъ и психологіи.

**) Иногда образуется прочная ассоціація между двумя представленіями уже на основаніи единичнаго опыта, если впечатлѣнія, произведенныя на наши чувства, были особенно сильны. Пожаръ, напримѣръ, видѣнный ребенкомъ, настолько переплетается въ его представленіяхъ съ незначительными случайно сопутствовавшими явленіями, что еще спустя много лѣтъ воспоминаніе о нихъ вызываетъ воспоминаніе о самомъ пожарѣ.

признаковъ. Поэтому и происходитъ, что видъ розы легко вызываетъ болѣе общее представленіе о цвѣтахъ вообще. На этомъ основывается также возможность обозначить однимъ названіемъ (собирательное или общее названіе) цѣлый рядъ отдѣльныхъ вещей, принадлежащихъ къ одному классу, т. е. такихъ, которыя имѣютъ извѣстное число общихъ признаковъ. Все, что сказано здѣсь о вещахъ и связанныхъ съ ними понятіяхъ, относится равнымъ образомъ и къ событіямъ или явленіямъ *).

Разъ образовались подобныя ассоціаціи, въ насъ возникаетъ извѣстная наклонность благодаря которой, при воспріятіи какой-нибудь вещи или какого-нибудь явленія, тотчасъ же пробуждаются ассоціированныя представленія. Мы можемъ выразить это еще такъ: когда мы что-нибудь видимъ, то ожидаемъ увидѣть и другое. Во многихъ случаяхъ наше ожиданіе оправдывается; если же оно когда-нибудь обманывается, мы поражены и удивляемся. Поговорка: нѣтъ дыма безъ огня, можетъ служить хорошимъ примѣромъ такого свойства нашего духа. Мы на самомъ дѣлѣ такъ часто наблюдали оба эти явленія вмѣстѣ, что мы не можемъ видѣть перваго безъ того, чтобы не ожидать второго.

4. **Правильная послѣдовательность явленій.** Чтобы подобныя ассоціаціи нашихъ представленій вообще могли образоваться, необходимо, что-бы извѣстные процессы или явленія часто протекали совершенно одинаковымъ или, по крайней мѣрѣ, во многихъ отношеніяхъ сходнымъ образомъ. Подобно тому, какъ мы наблюдаемъ одновременно дымъ и огонь, молнію и громъ, такъ и другія явленія представляются намъ протекающими въ такой же связи, т. е. или вмѣстѣ или одно послѣ другого. Слѣдовательно, съ одной стороны существуютъ извѣстные признаки, постоянно обнаруживающіеся въ опредѣленныхъ предметахъ или вещахъ, въ извѣстномъ сочетаніи, съ другой стороны въ нашемъ представленіи опредѣленныя явленія тѣсно связаны между собою или, какъ мы сказали, ассоціированы. Желѣзо тяжело, оно накаливается въ огнѣ и можетъ затѣмъ легче, чѣмъ въ холодномъ состояніи, быть согнуто или выковано; дерево легче желѣза, его можно расщепить, выстрогать, распилить или сломать; огнемъ, напротивъ, оно уничтожается, оно въ немъ сгораетъ. Мы не могли бы дѣлать такихъ и многихъ другихъ подобныхъ указаній, если бы не получали очень часто соотвѣтственныхъ, постоянно совпадающихъ воспріятій. Этимъ путемъ мы приходимъ къ убѣжденію, что извѣстные признаки встрѣчаются всегда соединенными между собою опредѣленнымъ образомъ, что различныя вещи познаются посредствомъ этихъ свойственныхъ имъ признаковъ, что между извѣстными явленіями существуютъ прочныя отношенія такого рода, что они встрѣчаются или одно рядомъ съ другимъ или одно за другимъ въ опредѣленномъ порядкѣ. Только на основаніи этого убѣжденія мы можемъ считать возможнымъ заниматься изслѣдованіемъ отношеній, существующихъ между вещами и явленіями. Эти отношенія составляютъ содержаніе естествознанія.

Мы выражаемъ это также, говоря, что явленія природы протекаютъ въ правильной послѣдовательности или закономѣрно, и задачей естествознанія должно быть изслѣдованіе законовъ, управляющихъ ходомъ явленій. Нѣкоторые считаютъ это положеніе за аксіому, т. е. за истину, не требующую никакого доказательства, въ виду того, что оно понятно само по себѣ. Сознаніе его справедливости присуще каждому человѣку, какъ врожденное свойство. Истины такого рода называются апріорными. Здѣсь не мѣсто разсуждать, можетъ ли вообще существовать апріорное знаніе. На основаніи раньше ска-

*) Самая возможность объясненія путемъ рѣчи основывается на ассоціаціи между представленіемъ о вещи, т. е. о суммѣ всѣхъ ея намъ извѣстныхъ признаковъ и представленіемъ о словѣ, т. е. о воспоминаніи опредѣленной послѣдовательности звуковъ, черезъ посредство которыхъ мы обыкновенно обозначаемъ сумму признаковъ этой вещи. Обученіе рѣчи обусловливается тѣмъ, что мы такъ часто воспринимаемъ вмѣстѣ вещь и слово, что между обоими представленіями образуется прочная ассоціація. При чтеніи послѣдовательность знаковъ, воспринимаемыхъ слухомъ, замѣщается соотвѣтственнымъ рядомъ знаковъ, воспринимаемыхъ зрѣніемъ.

заннаго, мы можемъ разсматривать положеніе, что явленія природы протекаютъ въ правильной послѣдовательности или закономѣрно, за основанное на многократномъ наблюденіи. Мы такъ часто наблюдали, что явленія протекаютъ именно такъ, какъ они должны были бы протекать при существованіи между ними постоянныхъ и прочныхъ отношеній, что мы больше не сомнѣваемся въ абсолютной справедливости положенія о закономѣрномъ ходѣ явленій. Если же мы, однако, опираясь на это убѣжденіе, утверждаемъ относительно отдѣльнаго случая, что ходъ процесса и здѣсь будетъ тотъ-же самый, что и при прежнихъ подобныхъ случаяхъ, то мы выходимъ за предѣлы того, что содержится въ нашемъ дѣйствительномъ наблюденіи. Мы переносимъ заключеніе, выведенное изъ одного или многихъ случаевъ, на случаи, которыхъ мы не наблюдали, но относительно которыхъ мы принимаемъ, что если они войдутъ въ область нашего наблюденія, то они будутъ протекать именно такъ, какъ это отвѣчаетъ нашему теперешнему наблюденію, а не иначе.

5. Индуктивныя заключенія. Такое заключеніе, выведенное изъ сдѣланныхъ уже наблюденій и перенесенное на подобные, еще не подлежавшіе наблюденію случаи, называется индуктивнымъ заключеніемъ. Индуктивное заключеніе относится не рѣдко къ событіямъ, долженствующимъ произойти только въ будущемъ, тогда оно заключаетъ въ себѣ предсказаніе объ ожидаемыхъ явленіяхъ *). Однимъ изъ обыкновенныхъ частыхъ представленій закономѣрной послѣдовательности явленій есть представленіе о правильной смѣнѣ дня и ночи. Не только мы, насколько простираются воспоминанія нашей жизни, безпрерывно и постоянно ее наблюдали, но мы знаемъ это также изъ достовѣрныхъ указаній нашихъ предковъ, насколько вообще сохранились воспоминанія не только одного единственнаго человѣка, но всего человѣчества. Такимъ образомъ, мы нисколько не сомнѣваемся въ томъ, что и сегодняшній день придетъ къ концу и за нимъ послѣдуетъ ночь и что за этой ночью будетъ опять день, а за этимъ днемъ опять ночь и что такъ будетъ идти всегда.

Конечно, подобное накопленіе числа уже сдѣланныхъ, сходныхъ между собою наблюденій имѣетъ значеніе для степени достовѣрности индуктивнаго заключенія. Никто не сомнѣвается въ томъ, что заключенію, основанному на тысячѣ или десяти тысячахъ наблюденій, скорѣе можно довѣрять, чѣмъ заключенію, построенному только на десяти или только на трехъ наблюденіяхъ. Но число наблюденій не можетъ еще быть единственнымъ мѣриломъ достовѣрности заключенія. И заключеніе, выведенное изъ немногихъ случаевъ, можетъ получить высокую степень достовѣрности. Для сужденія о ней имѣетъ большое значеніе, всѣ ли до сихъ поръ наблюдавшіеся случаи совершенно согласны между собою, не былъ ли наблюдаемъ, не смотря на особенное въ этомъ отношеніи вниманіе, хоть одинъ противоположный случай. Но даже, несмотря на это, полученное такимъ образомъ убѣжденіе не есть еще научная истина. Даже очень большое число согласныхъ между собою случаевъ не можетъ дать увѣренности, что намъ завтра или послѣ завтра не встрѣтится случая, несогласнаго съ нашимъ теперешнимъ наблюденіемъ.

Нѣкоторые примѣры помогутъ это объяснить:

Въ теченіе десятилѣтій, даже столѣтій естествоиспытатели были того убѣжденія, что всѣ млекопитающія животныя раждаютъ живыхъ дѣтенышей. Это значитъ другими словами, что, по общераспространенному и постоянно подтверждаемому наблюденіемъ ученію, животныя, обладающія нѣкоторымъ числомъ общихъ признаковъ, какъ-то: развитымъ позвоночникомъ, расширяющимся спереди въ черепъ, центральной нервной системой, помѣщающейся въ позвоночникѣ, развитой кровеносной системой съ четырехкамернымъ сердцемъ и т. д., сходны также и въ томъ, что ихъ дѣтеныши первыя стадіи своего развитія проходятъ внутри материнскаго тѣла и по-

*) Подобное предсказаніе не должно смѣшивать съ пророчествомъ; послѣднее не основывается на индуктивномъ заключеніи, а на родѣ интуиціи или на мнимой особой способности пророчествующаго, вслѣдствіе которой онъ въ состояніи «предсказать» будущее. Это лежитъ совершенно за предѣлами естественно-научнаго изслѣдованія.

являются на свѣтъ только по достиженіи формы, сходной съ формой взрослаго животнаго. Но вотъ въ 1884 г. было доказано, что это не относится къ Monotremata: эти животныя, будучи по своему строенію млекопитающими, кладутъ яйца, развивающіяся внѣ материнскаго тѣла подобно тому, какъ это наблюдается у птицъ и у другихъ позвоночныхъ *).

Въ 1856 г. Августъ Мюллеръ въ Берлинѣ открылъ, что такъ назыв. пескоройка (*Ammocoetes branchialis*), считавшаяся до тѣхъ поръ за самостоятельное животное, представляетъ личинку миноги (*Petromyzon Planeri*), рыбы изъ отряда круглоротыхъ (Cyclostomata). Минога очень распространена въ рѣкахъ и ручьяхъ Германіи, въ апрѣлѣ мечетъ икру и затѣмъ умираетъ. Изъ яицъ развиваются пескоройки, достигающія часто въ длину 20—30 см. и раньше или позже превращающіяся въ половозрѣлыхъ миногъ, которыя снова мечутъ икру и т. д. Фактъ, что существуютъ вообще свободноживущія личинки, которыя имѣютъ сперва совсѣмъ другой видъ, чѣмъ ихъ родители и затѣмъ только превращаются въ половозрѣлое животное, былъ тогда давно уже извѣстнымъ и между прочимъ по отношенію къ земноводнымъ (головастики это—личинки лягушекъ). Что онѣ могутъ встрѣчаться и у рыбъ, не было извѣстно. Когда открытіе Мюллера было сообщено одному очень извѣстному естествоиспытателю того времени, онъ сказалъ, что это вздоръ, что превращенія не можетъ быть у рыбъ. Онъ думалъ, конечно, что столь удивительный фактъ не могъ бы такъ долго оставаться незамѣченнымъ. Однако, это было такъ. Зоологи до тѣхъ поръ хорошо знали обоихъ животныхъ, но никогда не замѣчали, что одно изъ нихъ превращается въ другое.

Не нужно удивляться, что открытія, которыя потрясаютъ старыя, повидимому, прочно обоснованныя индукціи, часто встрѣчаются съ недовѣріемъ. Понятно, что осторожность и даже недовѣріе должны имѣть мѣсто въ отношеніи къ утвержденіямъ, противорѣчащимъ общепринятымъ до сихъ поръ взглядамъ въ случаѣ, если послѣдніе являются дѣйствительно обоснованными (какъ это было, напр., въ высокой степени по отношенію къ живорожденію у млекопитающихъ животныхъ). Но это должно вести только къ безпристрастной повѣркѣ новаго утвержденія, при чемъ очень скоро должно выясниться, подтверждается оно или нѣтъ.

6. Правила. Мы должны, слѣдовательно, при всѣхъ заключеніяхъ, основанныхъ на индукціи, быть готовы къ тому, что они могутъ быть поколеблены новымъ наблюденіемъ или что область ихъ примѣнимости будетъ сужена. Мы назовемъ правилами такія индуктивныя заключенія, которыя выведены изъ извѣстнаго числа (все равно велико оно или мало) согласныхъ между собою отдѣльныхъ наблюденій. Въ самомъ дѣлѣ, грамматическія правила получены подобнымъ же образомъ изъ наблюденій надъ разговорной рѣчью; тоже относится къ такъ называемымъ примѣтамъ погоды и къ правиламъ, выведеннымъ изъ наблюденій ежедневной жизни и выраженнымъ въ поговоркахъ. Ихъ лаконическая, часто остроумная форма не мало способствуетъ ихъ распространенію и передачѣ изъ поколѣнія въ поколѣніе и побуждаетъ цитировать ихъ при подходящихъ и неподходящихъ обстоятельствахъ, чтобы установить, что именно данный случай подходитъ подъ соотвѣтственное общее правило. Многія изъ нихъ слишкомъ обще выражены, чтобы быть совершенно правильными. Но, не смотря на всѣ противорѣчащія наблюденія, люди все-таки всегда продолжаютъ говорить: не копай другому ямы, самъ въ нее попадешь или какова погода на Срѣтенье, такова и весна. Если правило не сбывается въ какомъ-нибудь отдѣльномъ случаѣ, то прибѣгаютъ въ новому правилу, собственно уничтожающему всѣ остальныя: нѣтъ правила безъ исключенія.

Поэтому мы должны изслѣдовать, какимъ образомъ индуктивныя заключенія, выведенныя изъ наблюденія отдѣльныхъ фактовъ, дѣлаются дѣйствительными истинами или по

---

*) Развитіе или высиживаніе яйца у однихъ Monotremata (*Echidna*) происходитъ внутри кожной складки, расположенной на брюшной поверхности матери (такъ назыв. сумка), у другихъ (утконосъ, *Ornithorhynchus*) въ гнѣздахъ. Что однопроходныя кладутъ яйца, подозрѣвалось уже раньше, но въ то же время горячо и оспаривалось. Въ 1884 г. Гааке нашелъ яйцо въ брюшной сумкѣ одной эхидны, въ томъ же году Кальдвелль открылъ яйца у утконоса, такъ что теперь факты эти могутъ считаться общепризнанными.

чему можно распознать истинныя заключенія и отличить ихъ отъ ложныхъ или полуистинныхъ. Ясно, что правила, полученныя путемъ наблюденія, только сырой матеріалъ, изъ котораго строятся научныя истины. Только весьма рѣдко представляется возможнымъ, дѣйствительно, наблюдать всѣ отдѣльные случаи, принадлежащіе къ одному опредѣленному классу. И гдѣ это оказывается возможнымъ, тамъ, какъ мы видѣли, сужденіе, въ одномъ положеніи объединяющее всѣ эти наблюденія, не содержитъ ничего новаго, а только даетъ болѣе упрощенное выраженіе, весьма цѣнное, благодаря своей краткости и болѣе легкому запоминанію. Только тамъ, гдѣ представляется возможнымъ, при помощи логически допустимаго пріема перейти отъ правилъ къ неоспоримымъ положеніямъ, начинается научная область. Знаніе, которое не вышло еще за предѣлы выработки правилъ, находится пока въ младенческомъ состояніи; оно должно еще дорости до истинной науки.

7. Достовѣрность правилъ. Хотя достовѣрность правила возрастаетъ съ числомъ наблюденій, сдѣланныхъ относительно однородныхъ случаевъ, однако, съ научной точки зрѣнія вполнѣ допустимо выводить правило также изъ немногихъ, даже изъ одного единственнаго наблюденія. При этомъ, конечно, мы должны сознавать, что подобное индуктивное заключеніе не представляетъ еще настоящей истины. Оно имѣетъ только временное значеніе, т. е. съ оговоркой, что только дальнѣйшія наблюденія покажутъ, справедливо ли правило вообще или же въ него должны быть внесены измѣненія. Если такое правило высказывается безъ этой оговорки, то въ основѣ такъ аподиктически выставленнаго сужденія лежитъ все-таки молчаливое признаніе, что то, что имѣло мѣсто въ одномъ или нѣсколькихъ наблюдавшихся случаяхъ, будетъ имѣть мѣсто во всѣхъ однородныхъ случаяхъ. Подобныя индуктивныя заключенія нуждаются, слѣдовательно, еще въ подтвержденіи. Они могутъ относиться или къ свойствамъ предметовъ внѣшняго міра или къ явленіямъ природы Если, напримѣръ, видѣли, что два явленія A и B произошли одновременно или быстро одно послѣ другого, то можетъ явиться предположеніе, что это совпаденіе неслучайное, а что между ними существуетъ такая связь, что явленіе A необходимо должно сопутствоваться явленіемъ B или сопровождаться имъ подобно тому, какъ мы это принимаемъ для грома и молніи, на основаніи наблюденія обоихъ этихъ явленій. Пока въ нашемъ распоряженіи только одно единственное или нѣсколько немногихъ наблюденій относительно A и B, до тѣхъ поръ предположеніе остается шаткимъ. Но оно не безцѣнно поэтому. Оно можетъ сдѣлаться однимъ изъ самыхъ дѣйствительныхъ средствъ для расширенія нашего научнаго знанія. Если мы предполагаемъ, что между A и B существуетъ связь, то мы обращаемъ наше особенное вниманіе на эти оба явленія. Мы будемъ впредь не только сами тщательно наблюдать за тѣмъ, вездѣ ли, гдѣ наблюдается одно изъ этихъ явленій, находится и другое; мы будемъ также стараться узнавать, часто ли наблюдали другіе достовѣрные свидѣтели эти оба явленія вмѣстѣ. Такимъ путемъ намъ удастся или увеличить достовѣрность нашего предположенія умноженіемъ числа лежащихъ въ основѣ его отдѣльныхъ наблюденій, или же убѣдиться въ томъ, что мы заблуждались, въ послѣднемъ случаѣ мы безъ всякихъ разговоровъ отбросимъ наше предположеніе.

8. Гипотезы. То, что мы въ вышеизложенномъ назвали предположеніемъ или догадкой, есть, слѣдовательно, сужденіе, не имѣющее еще права на безусловную достовѣрность, имѣющее лишь временное значеніе. Такія сужденія называются гипотетическими или также, короче, предположеніями или гипотезами. Мы должны различать два рода гипотезъ. Однѣ предварительно объединяютъ извѣстное число отдѣльныхъ сужденій въ одномъ, болѣе общемъ; онѣ отличаются отъ сужденія, полученнаго путемъ индуктивнаго заключенія единственно тѣмъ, что число отдѣльныхъ случаевъ, на которомъ онѣ основываются, слишкомъ незначительно для того, чтобы придать имъ значеніе такой же дѣйствительной убѣдительности, которую имѣютъ такъ называемыя апріорныя истины, о которыхъ была рѣчь въ § 4. Второго рода гипотезы — гипотезы въ болѣе узкомъ или собственномъ смыслѣ

слова дѣлаютъ предположенія, которыя выходятъ за предѣлы непосредственнаго или иногда даже возможнаго наблюденія; но которыя, при допущеніи, что предположеніе правильно, позволяютъ большее или меньшее число отдѣльныхъ наблюденій подвести подъ общую точку зрѣнія или, какъ выражаются, объяснить *) съ общей точки зрѣнія. Подобныя гипотезы, слѣдовательно, всегда заключаютъ въ себѣ недоказанныя, а иногда и немогущія быть доказанными предположенія. Онѣ, какъ мы сейчасъ увидимъ, являются вспомогательнымъ средствомъ для перехода отъ эмпирическихъ правилъ къ болѣе цѣннымъ сужденіямъ, лучше удовлетворяющимъ нашему научному стремленію. При помощи ихъ мы получаемъ возможность глубже понять связь, существующую между явленіями природы.

Подобной гипотезой, напримѣръ, является предположеніе, что матерія состоитъ изъ отдѣльныхъ, раздѣленныхъ другъ отъ друга промежуточнымъ пространствомъ, чрезвычайно малыхъ частичекъ атомовъ и изъ сложенныхъ изъ нихъ молекулъ. Изъ этого предположенія возможно вывести всѣ извѣстныя свойства матеріи и наблюдаемые на ней факты, какъ логическое слѣдствіе. Каждый естествоиспытатель знаетъ очень хорошо, что реальное существованіе атомовъ и молекулъ не доказано. Онъ тотчасъ отбросилъ бы это предположеніе, если-бы нашелся какой-нибудь твердо установленный фактъ, который нельзя было бы съ нимъ согласовать или если бы явилось другое предположеніе относительно строенія матеріи, которое бы лучше и проще объясняло факты. До тѣхъ же поръ онъ говоритъ объ атомахъ и молекулахъ такъ, какъ если-бы они были реальныя вещи, какъ если-бы можно было ихъ видѣть или брать руками. Онъ знаетъ, что его товарищи по наукѣ поймутъ его правильно **).

9. Законы. Должно отдавать себѣ ясный отчетъ о значеніи гипотезъ, чтобы не составить себѣ ложныхъ представленій о томъ, для чего онѣ служатъ и что онѣ означаютъ. Хорошія гипотезы весьма полезны для науки. Онѣ не только облегчаютъ пониманіе уже извѣстныхъ фактовъ, но приводятъ также къ открытію новыхъ. При выведеніи изъ гипотезы логическихъ слѣдствій и провѣркѣ ихъ путемъ наблюденія обнаруживается, прочна ли гипотеза или же она должна быть замѣнена другимъ предположеніемъ. Но если удастся не только показать пригодность гипотезы, но и доказать, что всякое другое предположеніе ведетъ къ слѣдствіямъ, стоящимъ въ противорѣчіи съ фактами, тогда гипотеза перестаетъ быть гипотезой. Тогда она является доказанной и можетъ быть включена въ сокровищницу знанія, какъ краткое и лаконическое выраженіе фактовъ. При обсужденіи методовъ изслѣдованія мы еще вернемся къ важной роли гипотезъ.

Тоже самое, что къ гипотезамъ, относится и къ правиламъ, полученнымъ путемъ индукціи. И изъ нихъ могутъ быть выводимы логическимъ путемъ заключенія и затѣмъ можетъ быть сдѣлана опытная провѣрка, чтобы установить, согласны ли эти заключенія съ наблюденіями. Если согласны, то этимъ значительно подкрѣпляется справедливость правила; оно выигрываетъ въ своей внутренней достовѣрности. Но если мы въ состояніи доказать, что всякое другое предположеніе ведетъ къ заключеніямъ, стоящимъ въ противорѣчіи съ наблюденіемъ, то мы уже не имѣемъ болѣе дѣла съ правиломъ или гипотезой. На ихъ мѣсто становится нѣчто другое, имѣющее болѣе высокое научное значеніе. Справедливость до сихъ поръ только эмпирически полученнаго правила, выведеннаго изъ него индуктивнаго заключенія или составленной нами гипотезы, является тогда доказанной. Вѣроятность превращается въ истину. Такія положенія, доказанныя прямо или косвенно (т. е. дока-

---

*) Что слѣдуетъ подразумѣвать подъ этимъ, будетъ сказано ниже.

**) Люди не обладающіе естественно-научнымъ образованіемъ, часто имѣютъ ложное представленіе о такомъ положеніи дѣлъ. Они считаютъ себя вправѣ читать наставленія естествоиспытателямъ за то, что они безъ всякаго основанія дѣлаютъ такія нелѣпыя предположенія. Но если бы даже могло быть доказано, что никакихъ атомовъ не существуетъ (чего на самомъ дѣлѣ нѣтъ), все-таки могло быть допущено сохраненіе этого понятія, если, благодаря ему, возможно проще и яснѣе изложить факты. Дѣло только въ томъ, чтобы понятіе было строго опредѣлено; тогда оно можетъ быть съ удобствомъ употребляемо при изложеніи подобно тому, какъ въ алгебрѣ сложныя величины обозначаются отдѣльными буквами, чтобы сдѣлать вычисленіе болѣе простымъ и наглядымъ. Ближе атомистическая гипотеза будетъ разсмотрѣна въ 4 гл.

зательствомъ неправильности всѣхъ другихъ предположеній) мы будемъ, въ отличіе отъ правилъ, называть законами.

Примѣромъ выведенія законовъ изъ наблюдаемыхъ фактовъ и гипотезъ можетъ служить законъ тяготѣнія Ньютона. Послѣ того, какъ Кеплеръ произвелъ свои тщательныя наблюденія надъ движеніями планетъ и выразилъ ихъ пути и скорости движенія въ своихъ извѣстныхъ «Кеплеровскихъ законахъ» *), съ точностью, до тѣхъ поръ еще не достигнутой, Ньютонъ показалъ, что эти законы могутъ быть выведены изъ допущенія притяженія, дѣйствующаго по прямой линіи между тѣлами и съ интенсивностью, пропорціональною квадрату разстоянія между дѣйствующими другъ на друга тѣлами. Это была гипотеза. Но Ньютонъ показалъ, что изъ этого предположенія могутъ быть не только выведены всѣ наблюдаемыя явленія движенія планетъ, но что допущеніе дѣйствія притяженія не въ томъ направленіи, а въ какомъ-нибудь другомъ приводитъ къ заключеніямъ, стоящимъ въ противорѣчіи съ наблюденіями. Этимъ была, слѣдовательно, не только доказана допустимость его предположенія, но и значеніе послѣдняго какъ закона, а ужъ не какъ гипотезы. Затѣмъ онъ показалъ, что изъ этого предположенія могутъ быть выведены всѣ тѣ явленія и закономности, которыя Галилей установилъ относительно паденія тѣлъ на землю и относительно движенія маятника. Дѣйствительно, Ньютоновъ законъ тяготѣнія находитъ приложеніе во всѣхъ явленіяхъ притяженія тѣлъ между собою и въ ихъ движеніяхъ, вызываемыхъ этимъ притяженіемъ.

10. Законъ причинности. Законъ тяготѣнія представляетъ совершенно точное выраженіе для всѣхъ относящихся въ его области фактовъ; его справедливость доказана, потому что всѣ выводимыя изъ него заключенія согласны съ наблюдаемыми фактами, и всякое другое допущеніе ведетъ къ заключеніямъ, стоящимъ въ противорѣчіи съ фактами. Но когда выражаютъ этотъ законъ въ обычно употребляемой формѣ, а именно, что всѣ тѣла притягиваютъ другъ друга, когда говорятъ о силѣ, благодаря которой тѣла взаимно притягиваются, когда говорятъ, что причина, приводящая тѣла въ соотвѣтствующее закону движеніе, есть «притяженіе» или какая то «сила», присущая тѣламъ, то въ такомъ выраженіи закона заключается нѣчто, выходящее за предѣлы фактическаго изложенія. Такія понятія выведены не путемъ простого заключенія изъ фактовъ, ихъ источникъ происхожденія совершенно другой.

Наблюденія, производимыя нами надъ нашими собственными ощущеніями, возбуждаютъ въ насъ представленіе, что каждому движенію предшествуетъ родъ побужденія которое мы называемъ волей. Эта такъ называемая воля считается причиной, а слѣдующее за ней движеніе дѣйствіемъ этой причины. Изъ этихъ представленій, постоянно возникающихъ въ нашемъ сознаніи, возникло убѣжденіе, что вообще ни одно явленіе не можетъ произойти безъ обусловливающей его «причины». Это обозначаютъ какъ «законъ причинности» и выставляютъ первымъ основнымъ положеніемъ всѣхъ естественно-научныхъ разсужденій, что все происходящее въ природѣ подчиняется закону причинности.

Можетъ показаться, что это положеніе равнозначуще съ высказаннымъ выше въ § 4, а именно, что всѣ явленія природы протекаютъ въ правильной послѣдовательности и закономѣрно. Но послѣднее положеніе только выраженіе фактически наблюдаемаго, это индуктивное заключеніе, выведенное изъ многочисленныхъ наблюденій. Законъ причинности, напротивъ, содержитъ въ себѣ признаніе основанія такой закономѣрности; онъ хочетъ, какъ обыкновенно говорятъ, объяснить, почему явленія природы протекаютъ закономѣрно. Подобное «объясненіе» причинъ всего фактически происходящаго многими разсматривается, какъ цѣль всего естествознанія. Соотвѣтственно этому часто считаютъ, истинной задачей естествознанія, открытіе причинъ всего происходящаго.

При всякихъ разсужденіяхъ подобнаго рода мы вносимъ, однако, въ явленія природы нѣчто, имѣющее источникомъ субъективныя наблюденія нашего сознанія. Я откладываю

*) «Законы Кеплера» принадлежатъ къ классу «эмпирическихъ законовъ», о нихъ будетъ рѣчь въ слѣдующей главѣ. Въ логическомъ отношеніи они имѣютъ цѣну, одинаковую съ тѣмъ, что мы назвали правилами.

въ сторону перо и начинаю взадъ и впередъ ходить по комнатамъ, потому что я усталъ отъ писанія. Или я подхожу къ окну, потому что я услыхалъ снаружи шумъ. Что я хочу этимъ выразить, вполнѣ ясно. Но когда я говорю, что камень падаетъ, потому что его притягиваетъ земля, то я вовсе не хочу этимъ выразить, что земля обладаетъ сознательнымъ желаніемъ притянуть къ себѣ камень въ томъ смыслѣ, въ какомъ я, напримѣръ, беру стулъ, когда хочу сѣсть. Мы, слѣдовательно, переносимъ, говоря такъ, наблюденія, произведенныя въ области нашей душевной жизни, на явленія природы или, по меньшей мѣрѣ, мы употребляемъ выраженія, не исключающія недоразумѣній подобнаго рода.

Подобныя перенесенія играютъ въ нашихъ взглядахъ и представленіяхъ большую роль. Изъ всѣхъ явленій природы движенія видимыхъ тѣлъ доступнѣе всего воспріятію черезъ посредство чувственныхъ впечатлѣній. Поэтому весьма естественно стремленіе и другія явленія разсматривать какъ движенія, хотя бы мы и не могли ихъ непосредственно видѣть. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ можно привести основанія для справедливости такого представленія, доказавши дѣйствительное существованіе принимаемаго движенія (напр. въ звуковыхъ явленіяхъ), въ другихъ же случаяхъ допущеніе движенія остается гипотетическимъ. Гипотеза цѣлесообразна и хороша въ томъ случаѣ, если она позволяетъ правильно представить явленія, т. е. въ полномъ согласіи съ фактами. Если этого нѣтъ, то сравненіе остается поверхностнымъ, оно можетъ быть разсматриваемо не болѣе, какъ уподобленіе или аналогія.

Въ противоположность этому примѣру, перенесеніе наблюденій надъ душевной жизнью на явленія природы представляется въ томъ отношеніи рискованнымъ, что оно ведетъ къ предположенію, что въ этихъ явленіяхъ есть нѣчто аналогичное человѣческому сознанію, склонностямъ и т. д. На болѣе раннихъ и еще теперь не вполнѣ оставленныхъ ступеняхъ созерцанія природы это вело къ олицетворенію объектовъ природы и воображаемыхъ виновниковъ наблюдаемыхъ въ ней явленій. Въ миѳологіяхъ мы находимъ воплощеніе такого пониманія природы; въ спекуляціяхъ извѣстныхъ философскихъ системъ подобное же пониманіе ея выражается въ одухотвореніи всей матеріи. Противъ этого должно быть особенно настойчиво указано, что о душевныхъ явленіяхъ мы можемъ знать лишь настолько, насколько они совершаются въ насъ самихъ и доходятъ до нашего сознанія *). Принятіе существованія аналогичныхъ процессовъ внѣ насъ остается, слѣдовательно, всегда не могущей быть провѣренной гипотезой, достовѣрность которой должна быть оцѣнена тѣмъ ниже, чѣмъ больше отличаются отъ насъ тѣ объекты, въ которыхъ совершаются явленія.— Антропоморфизмомъ въ пониманіи природы обозначаютъ склонность обсуждать ея явленія по аналогіи съ процессами сознанія, извѣстными намъ изъ самонаблюденія, разсматривать объекты, какъ будто бы они были существа чувствующія, сознательно дѣйствующія и обладающія волей, т. е. олицетворять ихъ. Еще и теперь нерѣдко можно встрѣтить въ рѣчи остатки такого взгляда. Говорятъ о «природѣ», какъ будто бы она какое то существо, нѣчто въ родѣ богини со склонностями, волей и т. д. «Природа» дѣлаетъ или не дѣлаетъ того то и того то. Довольно вспомнить о столь излюбленномъ въ прежнее время изреченіи: «natura non facit saltum» и т. п. Тоже самое относится и къ «силамъ»; представляютъ себѣ вещи, какъ будто онѣ одарены душами и заставляютъ эти души (именно «силы») дѣйствовать такъ, какъ мы представляемъ себѣ дѣйствія нашей «воли». Не безъ усилія освобождаемся мы отъ такого антропоморфическаго взгляда, что, однако, необходимо, если мы хотимъ обсуждать явленія природы безъ предвзятой мысли. Если несмотря на это и говорится о различныхъ «силахъ» такъ, какъ будто бы онѣ были существами

*) Что подобные процессы происходятъ и у другихъ людей, мы можемъ, конечно, знать изъ ихъ сообщеній. Но какъ только мы пойдемъ далѣе, мы теряемъ средства для какого либо опредѣленнаго заключенія о существованіи или отсутствіи впечатлѣній, сознанія и т. д.

особаго рода, живущими или скрытыми въ тѣхъ вещахъ, на которыя онѣ «дѣйствуютъ», то это должно быть разсматриваемо, какъ родъ образной рѣчи. Это образы, благодаря которымъ, можетъ быть, для многихъ явленія дѣлаются болѣе наглядными, какъ для того крестьянина, который, въ первый разъ увидавши паровозъ, сказалъ, покачивая головой, «а все-таки въ немъ есть лошадь» *).

И «законъ причинности», въ сущности, обязанъ своимъ появленіемъ тому же перенесенію представленій психической жизни на явленія природы. Въ дѣйствительности, мы не знаемъ причинъ происходящихъ въ природѣ явленій и не обладаемъ средствами ихъ узнать или выяснить, лежатъ ли вообще въ основѣ ихъ причины въ томъ смыслѣ, въ какомъ мы обозначаемъ мотивы нашего поведенія, какъ причины нашихъ поступковъ. Когда мы говоримъ, что причина паденія камня тяжесть или притяженіе земли, мы этимъ не достигаемъ болѣе глубокаго проникновенія въ самое явленіе. Этимъ вводится только новое слово для обозначенія явленія. Единственно, что мы выводимъ изъ наблюденій надъ явленіями природы, это то, что они опредѣленнымъ образомъ *связаны* между собою. То, что мы называемъ *объясненіемъ* явленія природы, представляетъ только указаніе на связь этого явленія съ другими, намъ уже извѣстными. Изслѣдовать эту связь, установить закономѣрность въ ея проявленіи составляетъ задачу научнаго естествознанія. Естествоиспытатель должно скромно уклониться отъ «rerum cognoscere causas». Это не относится къ разряду его задачъ, такъ какъ это не можетъ быть достигнуто тѣми средствами, которыя находятся въ его распоряженіи.

Въ другомъ, труднѣе приводящемъ къ недоразумѣнію, а потому менѣе спорномъ смыслѣ часто употребляются слова «причина» и «дѣйствіе» съ цѣлью выраженія отношеній между явленіями. Когда физіологъ говоритъ, что сокращенія сердца являются причиной кровообращенія (или обратно, теченіе крови по сосудамъ обусловливается движеніями сердца), то онъ хочетъ этимъ сказать, что оба явленія стоятъ другъ къ другу въ такомъ отношеніи, что одно имѣетъ слѣдствіемъ другое, или точнѣе, одно является условіемъ для происхожденія другого. Слѣдовательно, и здѣсь идетъ дѣло о существованіи *связи* между двумя явленіями. Обоснованіе ея, по нашему взгляду, является истинной задачей естествознанія. Въ послѣдующихъ главахъ мы ближе ознакомимся съ родомъ этой связи.

11. **Порядокъ наблюденій.** До сихъ поръ мы говорили только объ единичныхъ наблюденіяхъ, изъ которыхъ извѣстнымъ образомъ выводятся правила и законы. Въ дѣйствительности, процессъ этотъ рѣдко совершается такъ просто. Гораздо раньше, чѣмъ человѣкъ доходитъ до научнаго разсмотрѣнія природы, онъ имѣетъ уже запасъ наблюденій; на основаніи ихъ, а также сообщеній другихъ людей въ немъ установились уже извѣстные взгляды. Вслѣдствіе этого онъ всегда старается каждое новое наблюденіе ввести въ рядъ образовавшихся уже въ немъ идей. Нерѣдко такимъ образомъ составленные взгляды являются препятствіемъ для безпристрастной оцѣнки новыхъ опытныхъ данныхъ и часто требуется много усилій, чтобы освободиться отъ нихъ въ случаѣ ихъ ошибочности.

Новыя наблюденія, которыя мы можемъ или произвести сами или, при ручательствѣ за ихъ достовѣрность, получить отъ другихъ, могутъ быть весьма разнообразны. Нѣкоторыя изъ нихъ могутъ быть легко включены въ разрядъ уже извѣстныхъ намъ наблюденій, другія же остаются временно обособленными, въ виду того, что мы не располагаемъ какими либо сходными наблюденіями, съ которыми они могли бы быть сопоставлены. Первое бываетъ тѣмъ чаще, чѣмъ богаче имѣющійся у насъ запасъ свѣдѣній и наблюденій. Такъ

*) Это не исключаетъ употребленія въ механикѣ слова «сила» въ болѣе узкомъ, точно опредѣленномъ смыслѣ. Въ послѣдней онъ служитъ обозначеніемъ нѣкоторой величины, допускающей измѣреніе; но здѣсь сила утратила признаки самостоятельнаго существа, свойственные силамъ прежнихъ натурфилософовъ. Вышеизложенное относится только именно къ послѣднему антропоморфическому взгляду.

напримѣръ, требовалось уже извѣстное состояніе нашихъ знаній объ электрическихъ явленіяхъ, чтобы придти къ мысли, что и гроза можетъ быть отнесена къ ихъ разряду. Съ расширеніемъ нашего знанія, систематизація отдѣльно наблюдаемыхъ фактовъ, ихъ соединеніе съ другими въ ряды и выводъ изъ нихъ правилъ и законовъ значительно облегчаются. Большая часть этой работы сдѣлана уже другими и намъ только остается для каждаго новаго факта *) отыскать соотвѣтственный ему разрядъ явленій. Но при постоянномъ образованіи новыхъ и новыхъ группъ правилъ и законовъ, неизбѣжно обнаруживается между этими группами существованіе сходства и отношеній, аналогичныхъ тѣмъ, которыя вызвали соединеніе въ группы отдѣльныхъ случаевъ. Такимъ образомъ единичныя правила и законы превращаются въ правила и законы болѣе общаго характера. Такимъ образомъ законъ тяготѣнія Ньютона, какъ мы видѣли, заключаетъ уже въ себѣ и законы Кеплера и законъ паденія Галилея. Такъ правило, что всѣ теплокровныя животныя имѣютъ четырехкамерное сердце и соотвѣтственно этому такое устройство кровообращенія, что вся кровь, при каждомъ оборотѣ, должна сполна пройти черезъ легкія, заключаетъ въ себѣ все, что могло бы быть высказано въ видѣ менѣе общихъ правилъ по поводу движенія крови у однихъ только млекопитающихъ или у однихъ только птицъ. Вмѣстѣ съ тѣмъ, правило въ этой, болѣе общей формѣ указываетъ еще на существованіе зависимости между большей окисляемостью, необходимой для поддержанія температуры тѣла теплокровныхъ, и болѣе совершенной вентиляціей крови по сравненію съ другими животными, дышащими легкими или жабрами.

12. Теоріи и основные законы. Выведеніе болѣе общихъ законовъ изъ извѣстныхъ уже единичныхъ производится также, какъ выведеніе единичнаго закона изъ отдѣльныхъ фактовъ, т. е. путемъ индукціи, иногда черезъ посредство гипотезы съ послѣдующей провѣркой ея. Чтобы отличить эти гипотезы болѣе общаго характера отъ обыкновенныхъ, мы назовемъ ихъ теоріями. Мы можемъ обходиться съ теоріями также, какъ съ гипотезами. Мы дѣлаемъ изъ нихъ заключенія и провѣряемъ путемъ наблюденія вытекающія изъ нихъ слѣдствія. Если оказывается, что слѣдствія согласуются съ наблюденіями, то теорія годна къ употребленію. Если, кромѣ того, намъ удастся показать, что всѣ другія предположенія ведутъ къ слѣдствіямъ, противорѣчащимъ фактамъ, то этимъ доказана справедливость предположенія, лежащаго въ основѣ теоріи. Такимъ путемъ мы приходимъ къ законамъ болѣе общаго характера; въ отличіе отъ спеціальныхъ законовъ мы ихъ назовемъ основными. Мы можемъ, слѣдовательно, установить такую схему:

1. Правило—обобщеніе нѣкотораго числа фактовъ, установленныхъ путемъ наблюдѣнія; выводится чисто эмпирически.

Гипотеза,—или индуктивное заключеніе, которое принимаетъ, что то, что находитъ приложеніе къ ограниченному числу случаевъ находитъ его и ко всѣмъ другимъ подобнымъ случаямъ; или же вспомогательное допущеніе, позволяющее извѣстное число отдѣльныхъ фактовъ объединить въ сужденіи болѣе общаго характера.

Если справедливость индуктивнаго заключенія или гипотезы доказана (прямо и косвенно) согласіемъ ея слѣдствій съ наблюденіемъ, то она превращается тогда въ законъ (спеціальный законъ), объединяющій всѣ факты въ предѣлахъ ограниченной области.

2. Общіе законы—обобщеніе многихъ единичныхъ правилъ или законовъ, слѣдовательно, всѣхъ содержащихся въ нихъ фактовъ, чисто эмпирическое, не доказанное.

Теорія, предположеніе, дѣлаемое съ цѣлью объединенія **) многихъ законовъ въ одной

---

*) Онъ можетъ быть вообще новымъ, въ такомъ случаѣ онъ составляетъ открытіе или же онъ новъ только для насъ.

**) Различіе между теоріей и гипотезой, согласно нашему опредѣленію, заключается только въ болѣе широкой приложимости первой. Разговорная рѣчь въ этомъ отношеніи не точна, такъ что нерѣдко одними называется теоріей то, что другіе называютъ гипотезой и обратно. Слѣдуетъ прочно держаться, что въ каждой теоріи есть нѣчто недоказанное, слѣдовательно, гипотетическое.

болѣе общей формѣ; она, будучи доказана, можетъ превратиться въ основной законъ, который объединяетъ очень большое число, повидимому, совершенно несходныхъ фактовъ и можетъ быть считаемъ какъ доказанный.

Каждая наука составляется изъ этихъ элементовъ. Чѣмъ болѣе теоріи и основные законы берутъ перевѣсъ надъ гипотезами и спеціальными законами, тѣмъ наука представляется болѣе совершенной и болѣе развитой. Но даже въ наукахъ, ушедшихъ дальше другихъ, нѣтъ недостатка въ гипотезахъ, и въ нихъ также встрѣчаются отдѣльные факты, не находящіе еще себѣ мѣста въ системѣ. Часто въ наукѣ отдѣльныя главы ея представляются болѣе разработанными, между тѣмъ какъ другія находятся еще въ состояніи собиранія фактовъ, установки эмпирическихъ правилъ и представляютъ обиліе недоказанныхъ, еще не сдѣлавшихся законами, гипотезъ. Обыкновенно, обозначаютъ науки, въ которыхъ большая часть содержанія объединена въ видѣ законовъ, теорій и основныхъ законовъ точными въ отличіе отъ другихъ, содержаніе которыхъ состоитъ больше изъ группировки отдѣльныхъ фактовъ или полученныхъ правилъ. Однако, всегда должно твердо помнить, что всѣ естественныя науки покоятся на наблюденіи, этомъ единственномъ основаніи ихъ. Такъ называемыя точныя естественныя науки отличаются только тѣмъ, что въ нихъ удалось достигнуть установки теорій и основныхъ законовъ, изъ которыхъ путемъ логическихъ пріемовъ, можно вывести значительное число отдѣльныхъ фактовъ. Но всѣ эти теоріи и законы сами получены изъ отдѣльныхъ наблюденій. Ихъ высокое значеніе состоитъ въ томъ, что онѣ даютъ ясное выраженіе для суммы всѣхъ наблюденій въ видѣ краткихъ, простыхъ положеній.

13. Дедукція. Выведенныя изъ фактовъ, путемъ индукціи, правила, гипотезы и теоріи, какъ мы видѣли, только предварительное выраженіе для искомой истины; они, чтобы стать дѣйствительными истинами, законами, нуждаются еще въ доказательствахъ. Но и правила, гипотезы и теоріи сами по себѣ представляютъ для науки уже цѣнное пріобрѣтеніе. Предварительное регистрированіе извѣстнаго числа отдѣльныхъ фактовъ въ видѣ правила, а также гипотезы и теоріи образуютъ матеріалъ для выведенія затѣмъ законовъ спеціальныхъ и основныхъ, которые и должны составлять истинное содержаніе науки. Пока сознается дѣйствительное значеніе этихъ правилъ и гипотезъ, пока они не считаются уже за доказанные, незыблемые законы, до тѣхъ поръ такой научный капиталъ представляется болѣе цѣннымъ, чѣмъ цѣлая система недостаточно обоснованныхъ, болѣе или менѣе произвольно выставленныхъ положеній, нерѣдко восхваляемыхъ, какъ несомнѣнное знаніе.

Чтобы перейти отъ эмпирически полученныхъ правилъ къ законамъ, гипотезы необходимы. Выводя изъ гипотезъ или гипотетическихъ правилъ доступныя опытной провѣркѣ заключенія, нерѣдко приходятъ къ открытію новыхъ фактовъ. Примѣняемый при этомъ логическій пріемъ мышленія называется дедукціей; она совершенно отлична отъ индуктив-

---

Волнообразная теорія свѣта, напримѣръ, производитъ всѣ свѣтовыя явленія изъ предположенія о колебаніяхъ эфира. Существованіе же эфира недоказано, слѣдовательно, гипотетично. Но если принять, что онъ существуетъ, тогда возможно всѣ явленія свѣта вывести изъ волнообразной теоріи съ математической точностью.

На протяженіи историческаго развитія границы между теоріями и гипотезами могутъ легко измѣняться. Гипотеза, установленная для небольшой области фактовъ, можетъ позднѣе оказаться настолько плодотворной, что послужитъ для обобщеннаго изложенія большого числа правилъ и законовъ, получитъ, слѣдовательно, значеніе теоріи. Или обнаруживается, что законъ и вмѣстѣ съ нимъ всѣ выводимые изъ него факты могутъ быть выведены, какъ логическія слѣдствія, изъ гипотезы, установленной для представленія совершенно другихъ фактовъ или же можетъ быть выведенъ изъ другого закона. Тогда первый законъ будетъ «спеціальнымъ случаемъ» второго закона или какой нибудь другой теоріи. Съ примѣрами этого рода мы будемъ имѣть случаи познакомиться въ слѣдующихъ главахъ.

наго заключенія. Въ то время, какъ при индукціи изъ одного или многихъ отдѣльныхъ положеній выводится общее; при дедукціи, наоборотъ, изъ положенія болѣе общаго характера выводится болѣе частное или единичное.

Дедуктивное заключеніе часто встрѣчается въ формѣ, называемой въ логикѣ силлогизмомъ. Самымъ простымъ примѣромъ можетъ служить силлогизмъ, часто приводимый, какъ образецъ, въ учебникахъ логики:

Всѣ люди смертны . . . . . (1),
Сократъ — человѣкъ . . . . . (2),
слѣдовательно, Сократъ смертенъ . . . . (3).

Силлогизмъ состоитъ изъ двухъ посылокъ или предпосланій (1 и 2) и заключенія или слѣдствія (3). Въ посылкѣ (1) выставлено утвержденіе по отношенію къ цѣлому классу (человѣкъ); затѣмъ, въ положеніи (2) утверждается, что данный индивидуумъ (Сократъ) принадлежитъ къ этому классу. Отсюда слѣдуетъ, что выставленное въ первомъ положеніи утвержденіе о цѣломъ классѣ (что ему принадлежитъ признакъ «смертность») имѣетъ приложеніе и къ данному индивидууму (какъ принадлежащему къ классу).

Формальная справедливость этого способа заключенія никѣмъ не оспаривается. Его значеніе, какъ средства научнаго изслѣдованія, зависитъ отъ правильности посылокъ. Если бы я по такой же схемѣ составилъ слѣдующій силлогизмъ:

Всѣ млекопитающія рождаютъ живыхъ дѣтенышей;
Monotremata — млекопитающія;
слѣдовательно, Monotremata рождаютъ живыхъ дѣтенышей,

то формально этотъ силлогизмъ былъ бы правиленъ. Но мы видѣли, что заключительное положеніе ложно. Это можетъ зависѣть только отъ неправильности одной изъ посылокъ. Или ложно то, что всѣ млекопитающія рождаютъ живыхъ дѣтенышей, или что *Monotremata*—млекопитающія. Раньше мы рѣшили этотъ вопросъ въ первомъ смыслѣ; но можно съ такимъ же правомъ удержать первое положеніе, тогда только нужно (какъ это было предложено еще Жоффруа Ст. Илеромъ) выдѣлить *Monotremata* изъ разряда млекопитающихъ и создать для нихъ особый классъ. Чтобы заключеніе силлогизма приводило къ правильному слѣдствію, необходимо, слѣдовательно, чтобы обѣ посылки были правильны.

Если мы ближе разсмотримъ силлогизмъ, то увидимъ, что онъ не можетъ служить для открытія новыхъ истинъ. Заключеніе высказываетъ только то, что уже было сказано въ посылкахъ. Когда мы утверждали, что всѣ люди смертны, то само собою понятно, что это утвержденіе относится и къ каждому отдѣльному человѣку, будетъ ли это Сократъ, Иванъ или Петръ. Поэтому ни одна наука не можетъ быть построена на силлогизмахъ. Послѣдніе могутъ служить не для открытія новыхъ истинъ, а для демонстрированія справедливости положеній, безъ того не очевидныхъ. Это можетъ оказать существенную пользу въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ отношенія не такъ просты, какъ въ нашемъ общеупотребительномъ примѣрѣ.

Что всѣ люди смертны, никѣмъ не оспаривается. Но положеніе это не доказано, оно не представляетъ также само собой подразумѣваемой (апріорной) истины. Оно скорѣе индуктивное заключеніе, покоящееся на чрезвычайно широкомъ основаніи. Мы не только наблюдали сами, что многіе люди, жившіе при насъ, умирали, но мы знаемъ также, что умирали и другіе люди, жившіе передъ нами и еще раньше, т. е. въ теченіи цѣлыхъ тысячъ поколѣній. Положеніе это, согласно нашей терминологіи, правило, но такое, за справедливость котораго говоритъ не только безчисленное множество случаевъ, но и отсутствіе хотя бы единственнаго исключенія. Также обстоитъ дѣло и со многими другими положеніями, разсматриваемыми за апріорныя истины или аксіомы. Они получены путемъ индукціи; другого научнаго источника для происхожденія общихъ положеній не существуетъ. Науки, называемыя собственно дедуктивными, такъ какъ все ихъ научное зданіе выведено дедуктивнымъ путемъ изъ выставленныхъ въ началѣ немногихъ положеній, въ самомъ послѣднемъ пунктѣ покоятся также на индуктивномъ началѣ.

14. Критика логическихъ основъ. Точность каждой науки зависитъ отъ достовѣрности ея общихъ положеній. Въ индуктивныхъ наукахъ слѣдствія, дедуктивно выведенныя

изъ посылокъ могущихъ быть правилами или гипотезами, служатъ къ безпрерывно возобновляемому испытанію и контролю самихъ посылокъ. На основаніи законовъ движенія планетъ могутъ быть заранѣе вычислены съ очень большою точностью затмѣнія солнца и луны. Артиллеристъ въ состояніи настолько точно опредѣлить направленіе пушки и силу заряда, что ядро прямо попадаетъ въ намѣченную цѣль. Въ противоположность этому, слѣдствія изъ правилъ, касающихся политической или экономической жизни, очень неточны. Въ этихъ крайне запутанныхъ областяхъ обстоятельства, могущія имѣть вліяніе на событія, не достаточно извѣстны. Если бы даже законы, выведенные изъ тщательно собранныхъ фактовъ наблюденія, были достовѣрны, событія, вычисленныя изъ нихъ дедуктивно, будучи измѣнены непредвидѣнными обстоятельствами, протекаютъ совершенно иначе, чѣмъ было заключено на основаніи посылокъ *). При постоянной критикѣ посылокъ, заблужденія въ естествознаніи могутъ быть устраняемы, а сами положенія лучше формулируемы. Это особенно важно по отношенію къ гипотезамъ и теоріямъ, которыя вообще не могутъ быть устранены изъ науки. Когда всѣ слѣдствія, могущія быть выведены изъ нихъ дедукціей, соотвѣтствуютъ фактамъ наблюденія и не противорѣчатъ ни одному точно установленному факту, тогда гипотеза или теорія хороша. Мы пользуемся ею до тѣхъ поръ, пока она или не получитъ, послѣ полнаго своего доказательства, значенія закона или пока не будетъ установлена какимъ нибудь противорѣчащимъ ей фактомъ ея несправедливость. Въ послѣднемъ случаѣ мы ее тотчасъ отбрасываемъ или же такъ видоизмѣняемъ, что она соотвѣтствуетъ новому наблюденію.

Нерѣдко бываетъ возможно установить двѣ или болѣе гипотезъ или теорій, одинаково хорошо удовлетворяющихъ этимъ логическимъ требованіямъ. Тогда слѣдуетъ оставить обѣ, пока какой нибудь новый фактъ не дастъ перевѣса той или другой. При выборѣ между многими возможными гипотезами слѣдуетъ отдавать предпочтеніе простѣйшей, т. е. той, которая требуетъ меньше всего допущеній.

Древнимъ было извѣстно, что въ трубѣ насоса вода, при вытягиваніи поршня, поднимается кверху. Поэтому пришли къ заключенію, что природа имѣетъ отвращеніе къ пустому пространству, и назвали это ея свойство horror vacui **). Затѣмъ, при устройствѣ одного колодца въ Тосканѣ, было замѣчено, что такимъ путемъ вода не можетъ быть поднята выше 10 метровъ. Когда этотъ фактъ былъ сообщенъ Галилею, то послѣдній отвѣтилъ, что horror vacui имѣетъ свой предѣлъ; такимъ образомъ, къ первой гипотезѣ онъ прибавилъ вторую. Его ученикъ Торричелли, обсуждая эти факты, пришелъ къ гипотезѣ, что причиной поднятія воды является давленіе воздуха; изъ этой гипотезы слѣдуетъ непосредственно, что вода такимъ путемъ самое большое можетъ быть поднята на высоту столба, по своему вѣсу равнаго вѣсу столба атмосферы съ такимъ же поперечнымъ разрѣзомъ. Эта гипотеза уже въ силу своей простоты и ясности заслуживаетъ предпочтенія передъ неопредѣленнымъ антропоморфическимъ взглядомъ о horror vacui. Но изъ нея можно сдѣлать еще дальнѣйшее заключеніе, что если, вмѣсто воды, поднимать другую жидкость, то высоты ихъ поднятія должны относиться другъ къ другу обратно ихъ удѣльнымъ вѣсамъ. Такъ, напримѣръ, если такою жидкостью является ртуть, то высота ея поднятія будетъ приблизительно около 0,76 метра. Такъ какъ это слѣдствіе оправдалось, то этимъ доказано и преимущество гипотезы Торричелли.

Для объясненія явленій свѣта Ньютонъ сдѣлалъ предположеніе, что отъ свѣтящагося тѣла исходятъ маленькія частицы, которыя, попадая въ нашъ глазъ, производятъ въ немъ нервное возбужденіе. Этимъ предположеніемъ могли быть объяснены всѣ извѣстныя тогда явленія свѣта (отраженіе, преломленіе и т. д.). Этой теоріи истеченія Ньютона Гюйгенсъ противопоста-

---

*) И паденіе ядра въ надлежащее мѣсто можетъ быть воспрепятствовано внезапнымъ боковымъ ударомъ. Посылки, изъ которыхъ выходилъ артиллеристъ, при установкѣ своей пушки, совершенно правильны; но онъ не могъ принять въ разсчетъ уклоненіе, происшедшее отъ непредвидѣннаго удара.

**) Слѣдуетъ обратить вниманіе, какъ антропоморфическое олицетвореніе, лежащее въ основѣ такихъ взглядовъ, разсматриваетъ природу въ видѣ человѣческаго существа съ побужденіями, склонностями и отвращеніями, и приписываетъ этимъ побужденіямъ соотвѣтственные поступки.

вилъ другую теорію **волнообразныхъ колебаній**, по которой всѣ свѣтовыя явленія производятся колебаніями тонкой матеріи, наполняющей пространство, т. е. эфира. Обѣ теоріи, пока слѣдствія ихъ согласовались съ фактами, были равнозначущи. Но какъ только были открыты новые факты, которые изъ теоріи истеченія не могли быть совсѣмъ выведены или только съ трудомъ, изъ волнообразной же теоріи легко и хорошо (двойное лучепреломленіе, поляризація и т. д.), теорія истеченія была оставлена, а волнообразная всѣми принята *).

15. Индуктивныя и дедуктивныя науки. Итакъ, оба рода логическихъ заключеній, индукція и дедукція, находятъ примѣненіе въ естествознаніи. Мы всегда должны однако помнить, что индукція это главнѣйшій или единственный источникъ расширенія нашего знанія. Поэтому вполнѣ правильно, что естественныя науки называются науками **индуктивными** и что имъ противопоставляются другія, **дедуктивныя**.

Типомъ всѣхъ дедуктивныхъ наукъ всѣми считается **математика**. Вмѣстѣ съ тѣмъ чрезвычайная ясность и точность этой науки, также какъ и абсолютная достовѣрность полученныхъ при ея посредствѣ истинъ, обусловливается дедуктивнымъ методомъ, исключающимъ всякое сомнѣніе и доставляющимъ ей такую степень точности, которой никогда не могутъ достигнуть индуктивныя науки, покоящіяся на наблюденіи.

При принципіальной важности этого вопроса умѣстно сдѣлать краткій обзоръ логическихъ основъ математики. Мы, конечно, не можемъ исчерпать всего предмета и должны ограничиться разсмотрѣніемъ основъ элементарной геометріи. То, что мы намѣрены сказать, или лучше, на что мы намѣрены кратко указать, относится также къ другимъ отдѣламъ математики и ко всѣмъ вообще дедуктивнымъ наукамъ. Изъ такъ называемыхъ **аксіомъ**, въ связи съ извѣстными **опредѣленіями**, выведены въ геометріи дедуктивнымъ путемъ теоремы, изъ нихъ затѣмъ въ свою очередь другія и такъ далѣе. Все научное зданіе построено здѣсь, слѣдовательно, при помощи ряда строго обоснованныхъ выводовъ, на аксіомахъ. Если послѣднія правильны, то все остальное необходимо слѣдуетъ и не можетъ быть подвергнуто сомнѣнію.

Какъ-же обстоитъ дѣло съ аксіомами и откуда мы знаемъ, что онѣ вѣрны? Онѣ не могутъ быть доказаны: для доказательствъ пользуются посылками, аксіомы же сами служатъ, въ качествѣ посылокъ, для доказательствъ и, слѣдовательно, въ свою очередь не могутъ быть обоснованы другими (не существующими) посылками. Нѣкоторые утверждаютъ, что аксіомы не нуждаются въ доказательствахъ, онѣ—**апріорныя истины**, т. е. въ справедливости ихъ человѣческій духъ убѣжденъ самъ по себѣ, вслѣдствіе присущаго ему свойства, и противоположное имъ представляется ему непостижимымъ. Когда мальчикъ слышитъ въ первый разъ одну изъ такихъ аксіомъ, напримѣръ: «двѣ величины, равныя третьей, равны между собой», онъ, конечно, тотчасъ соглашается съ ней. Но это нисколько не доказываетъ апріорнаго происхожденія этой истины. Много раньше, чѣмъ услыхать аксіому въ этой формѣ, въ его представленіяхъ выработались понятія о «величинѣ» и «равенствѣ». Онъ видѣлъ высокихъ и низкихъ людей, высокія и низкія деревья и т. д. и отсюда узналъ, что предметы (независимо отъ ихъ другихъ свойствъ) могутъ быть сравниваемы по величинѣ. Онъ узналъ также, что прикладываніемъ аршина приходятъ къ представленію о равенствѣ или неравенствѣ. Понятіе равенства возникло изъ наблюденія и равнозначуще съ понятіемъ «совпаденія». Если принять все это во вниманіе, то обнаружится, что приведенное положеніе собственно не что иное, какъ **тавтологія**. Оно «само собой понятно» и противоположное ему «непостижимо» потому, что оно высказываетъ нѣчто, что уже высказано, въ самомъ понятіи равенства. При расширеніи понятія, когда говорятъ также о равенствѣ плоскостей различныхъ фигуръ, напримѣръ квадрата и прямоугольника, гдѣ о «совпаденіи» не можетъ быть и рѣчи, убѣжденіе, составленное на простыхъ случаяхъ, молчаливо переносится и на эти случаи.

Другія аксіомы, напротивъ, при болѣе точномъ расчлененіи, оказываются выраженіемъ убѣжденія, составленнаго на основаніи многократныхъ наблюденій. Онѣ, на самомъ дѣлѣ, положенія, полученныя путемъ индукціи; мы потому такъ проникнуты ихъ справедливостью, что

*) Причиной того, что мы говоримъ о теоріи, а не о законѣ волнообразныхъ колебаній, является то, что въ основаніи ея лежитъ недоказанное гипотетическое ядро, а именно признаніе эфира (ср. также примѣч. на стр. 22). Существованіе его мы не можемъ доказать. Допущеніе же его существованія оказываетъ услугу, дѣлая болѣе понятными явленія свѣта, магнитизма и электричества; такимъ образомъ, мы останемся при этой теоріи до тѣхъ поръ, пока не будетъ найдена другая лучшая.

онѣ возбуждаютъ въ насъ воспоминаніе о многочисленныхъ, наблюдавшихся нами, вполнѣ согласныхъ съ ними случаяхъ, но ни разу ни объ одномъ, который бы имъ противорѣчилъ. Подобныя аксіомы, слѣдовательно, индукціи съ самымъ широкимъ основаніемъ, совершенно аналогичныя выше приведенному положенію, что «всѣ люди смертны»: и здѣсь въ справедливости положенія мы убѣдились на основаніи многократныхъ наблюденій. Если же, несмотря на это, оно не выставляется, какъ аксіома, то причина въ томъ, что здѣсь мы лучше, чѣмъ при аксіомахъ геометріи, сознаемъ его эмпирическое происхожденіе.

Если какая нибудь наука достигла такого состоянія, при которомъ извѣстное число индукцій можетъ считаться твердо установленнымъ, то является возможность дедуктивнаго выведенія изъ нихъ отдѣльныхъ случаевъ. Возможно поэтому при установленіи естественно-научныхъ законовъ и фактовъ избрать также и дедуктивный путь. Вмѣсто того, чтобы отъ отдѣльныхъ наблюденій доходить до законовъ черезъ индукцію при посредствѣ гипотезъ и теорій, можно выходить изъ послѣднихъ, какъ изъ положеній, дедуктивно выводить изъ нихъ частные случаи и показать, что эти слѣдствія согласуются съ наблюденіемъ. Но этотъ способъ, возможный въ наукахъ, уже развившихся и въ нѣкоторыхъ случаяхъ предпочтительный, не представляетъ того пути, которымъ наука дошла до своего настоящаго положенія. Исторія почти каждой науки доставляетъ поучительные примѣры тому, что вездѣ, гдѣ слишкомъ рано вступали на этотъ путь, онъ приводилъ къ ошибкамъ и заблужденіямъ, возвратъ отъ которыхъ къ истинѣ былъ возможенъ только косвеннымъ путемъ.

Только астрономія, да нѣкоторые большіе отдѣлы физики уже теперь въ состояніи излагать, при маломъ числѣ общихъ положеній, большую научную область чисто дедуктивно. Изъ закона тяготѣнія могутъ быть выведены всѣ задачи механики, также какъ явленія движенія небесныхъ тѣлъ и массъ на землѣ; изъ теоріи волнообразнаго движенія эфира—всѣ вопросы оптики. Если твердо установлено нѣсколько данныхъ относительно пути какого-нибудь небеснаго тѣла, то возможно вычислить его движенія какъ бывшія за столѣтія раньше, такъ и имѣющія быть быть черезъ столѣтія въ будущемъ; возможно заранѣе предсказать затмѣнія солнца и луны и тому подобныя явленія. Взаимныя отношенія, извѣстныя не только въ общемъ видѣ, но и по величинѣ, позволяютъ примѣненіе математическаго исчисленія, благодаря чему дедукціи получаютъ болѣе опредѣленное значеніе, чѣмъ то, которое обыкновенно имѣютъ въ логикѣ обычныя, выражаемыя словами, дедукціи. Черезъ это математическое изложеніе становится также вспомогательнымъ средствомъ для расширенія самой науки, а именно, когда изъ положеній (законы, гипотезы или теоріи), лежащихъ въ основѣ вычисленія, вытекаютъ неожиданныя слѣдствія, которыя не могли быть найдены при посредствѣ обыкновенныхъ логическихъ пріемовъ, выражаемыхъ словами, эти слѣдствія въ свою очередь могутъ быть провѣрены наблюденіемъ и если они оказываются правильными, то этимъ подтверждается правильность и допустимость исходныхъ положеній. Математическая физика, празднующая свой тріумфъ въ механикѣ, оптикѣ и въ ученіи объ электричествѣ, обязана именно этимъ благопріятнымъ обстоятельствамъ тѣмъ своимъ большимъ совершенствомъ, которое для другихъ вѣтвей естествознанія представляется почти недостижимымъ образцомъ.

16. Степень точности нашего знанія. Такъ называемыя науки о духѣ, между прочимъ и философія, въ противоположность естествознанію, также обозначаются, какъ науки дедуктивныя. Но и въ нихъ оба логическіе метода, индукція и дедукція, играютъ ту же роль, что и въ естествознаніи. Принципіальныя различія между логическими методами значительно меньше, чѣмъ обыкновенно принимается. Логическіе методы не какой нибудь чудодѣйственный инструментъ, при помощи котораго, науки какъ бы волшебствомъ, могутъ добыть что нибудь совершенно особенное. Научное мышленіе ничѣмъ не отличается отъ обыкновеннаго житейскаго, его методы тѣ же, что и методы здороваго человѣческаго разсудка. Только они примѣняются здѣсь съ большимъ сознаніемъ ихъ характера и съ нѣсколько большею тщательностью, чѣмъ это обыкновенно дѣлается въ обыденной жизни.

И точность результатовъ въ различныхъ наукахъ зависитъ не отъ различія въ логическихъ методахъ, а отъ другихъ условій. Чистыя дедукціи ведутъ къ точнымъ и истиннымъ заключеніямъ, если посылки правильны. Прежде чѣмъ приступить къ дедукціи, нужно съ возможною тщательностью получить правильныя посылки. Выведенныя изъ послѣднихъ слѣдствія должны постоянно служить для испытанія ихъ истинности. Въ области естествознанія часто можно произвести это болѣе полнымъ и совершеннымъ образомъ, чѣмъ во многихъ другихъ наукахъ. Благодаря тому, что эта провѣрка дѣлается каждый разъ снова, старыя ошибки исправляются, и научныя основы становятся прочнѣе. Поэтому говорятъ совершенно правильно, что ни одно ученіе въ естествознаніи не было признано истиннымъ только на основаніи авторитета другихъ. Когда изслѣдователь, съ твердо установленнымъ именемъ, выставляетъ какое нибудь утвержденіе, все равно относится ли оно къ новымъ фактамъ или заключеніямъ изъ фактовъ, уже извѣстныхъ, онъ никогда не претендуетъ на то, что оно будетъ принято на вѣру. Всякій, кто въ состояніи провѣрить положеніе или проконтролировать наблюденія, можетъ убѣдиться въ справедливости или ложности утвержденій. И если послѣднія или логическія заключенія изъ нихъ становятся въ противорѣчіе съ фактами, тогда сужденіе этого авторитета также отбрасывается, какъ и сужденіе менѣе извѣстнаго или менѣе славнаго изслѣдователя.

Поэтому совершенно ложно, когда утверждаютъ, что естествознаніе не можетъ претендовать на точность, такъ какъ оно существеннымъ образомъ обосновано на гипотезахъ. Знаніе покоится не на гипотезахъ, а на полученныхъ путемъ наблюденія фактахъ, которые въ гипотезахъ находятъ себѣ только лаконическое выраженіе. Вообще другого источника научнаго познанія не существуетъ.

Въ отдѣльныхъ вѣтвяхъ естествознанія установленіе законовъ удалось не въ одинаковой мѣрѣ. Гдѣ условія настолько запутаны, что затрудняютъ точное познаніе явленій, тамъ гипотезы получили болѣе широкое распространеніе. Но и здѣсь, при посредствѣ тщательнаго изслѣдованія, область ихъ постепенно суживается. Истинное содержаніе науки не гипотезы, но факты, твердо установленные при посредствѣ надлежащаго наблюденія. То, что долгое время ложно принималось за фактъ, при повторной провѣркѣ отбрасывается. Пробѣлы въ знаніи существуютъ повсюду, и многія изъ принимаемыхъ теперь положеній въ будущемъ могутъ оказаться непригодными. Но пока живетъ сознаніе неполноты науки, до тѣхъ поръ такое знаніе представляетъ больше цѣны, чѣмъ если бы пробѣлы были заполнены произвольными предположеніями, которыя ложно считались бы за факты.

ТРЕТЬЯ ГЛАВА.

Методы изслѣдованія въ естествознаніи вообще и въ физіологіи въ частности.

1. Начало новаго естествознанія. Изъ разсужденій предшествующей главы вытекаетъ, что для прогресса въ области естествознанія прежде всего необходимо имѣть возможно больше эмпирическаго матеріала. Если бы наше знаніе каждаго отдѣльнаго факта, имѣющаго мѣсто въ природѣ, было совершенно полно, то логически образованный умъ, располагающій всѣмъ этимъ знаніемъ, могъ бы правильно распредѣлить всѣ факты и вывести изъ нихъ общіе законы. Подобная попытка впервые была сдѣлана Аристотелемъ. Но, конечно, свѣдѣнія, которыми вообще располагалъ онъ и его современники, были не только не полны, но и слишкомъ неопредѣленны для того, чтобы привести къ вполнѣ удовлетворительному результату. Несмотря на это, онъ сдѣлалъ много такого, что и теперь возбуждаетъ наше удивленіе. Его послѣдователи, вмѣсто того, чтобы идти по избранному имъ пути, большею

частью довольствовались тѣмъ, что смотрѣли на его ученіе, вмѣстѣ съ его ошибками, какъ на догматы; передавали ихъ, отчасти искаженными вслѣдствіе непониманія, изъ поколѣнія въ поколѣніе и упражняли свое остроуміе въ ихъ толкованіи. Поэтому, въ теченіе всѣхъ среднихъ вѣковъ въ естественно-научныхъ взглядахъ не произошло никакого прогресса, о которомъ стоило бы упомянуть, не смотря на то, что были сдѣланы, именно арабскими учеными, отдѣльныя, весьма цѣнныя открытія новыхъ фактовъ.

Заслуга указанія на новые пути изслѣдованія природы принадлежитъ главнымъ образомъ Фр. Бэкону Веруламскому (1561—1626) и Галилею (1564—1642). Первый не сдѣлалъ самъ никакихъ значительныхъ открытій въ области естествознанія, у него были даже совершенно сбивчивые взгляды на важные естественно-научные вопросы. Но его заслуга въ томъ, что онъ настойчиво указывалъ естествоиспытателямъ своего времени на наблюденіе, какъ на единственный источникъ знанія и развилъ въ основныхъ чертахъ законы индуктивной логики въ противоположность дедукціи и тонкой діалектики, до тѣхъ поръ безраздѣльно царившихъ въ философіи. Галилея же мы должны считать истиннымъ творцомъ и основателемъ современнаго естественно-научнаго изслѣдованія не только ради важныхъ открытій, которыми мы ему обязаны, но еще болѣе ради методовъ, которыми онъ достигъ своихъ открытій. Новое направленіе одержало, наконецъ, полную побѣду проложившими новые пути и многообъемлющими работами Исаака Ньютона (1642—1726) и Христіана Гюйгенса (1629—1695). Хотя послѣ того, такъ называемой натурфилософіи и удалось еще разъ на короткое время оттѣснить точные естественно-научные методы, основанные на наблюденіи; но это заблужденіе было скоро устранено.

2. Недостатки воспріятій. Впечатлѣнія, получаемыя нами съ дѣтства, находятся въ зависимости отъ случайностей всякаго рода. Нѣкоторыя событія происходятъ часто и на всѣхъ населенныхъ мѣстахъ земной поверхности, другія же рѣдко или только на опредѣленныхъ пунктахъ. Многіе люди достигаютъ преклоннаго возраста, не испытавши лично землетрясенія или не видавши паденія метеорита. Важныя явленія природы могутъ совершаться въ безлюдныхъ мѣстностяхъ или въ бушующемъ морѣ, не будучи никѣмъ наблюдаемы. Есть также люди, которые, наблюдая явленіе, не всегда въ состояніи такъ охватить его, какъ это было бы необходимо для точнаго опредѣленія истиннаго положенія дѣла. Если опросить, напримѣръ, многихъ людей, бывшихъ свидѣтелями одного и того же событія, то рѣдко можно получить совершенно одинаковыя показанія. Одному бросилось въ глаза это, другому другое, по большей части, побочныя обстоятельства; но и въ существенныхъ пунктахъ ихъ показанія часто значительно разнятся другъ отъ друга.

Неточныя наблюденія не имѣютъ научнаго значенія. Они — главный источникъ суевѣрія или—если эти наблюденія перерабатываются недостаточно образованными людьми, при помощи яко бы научныхъ методовъ—того ложнаго знанія, которое существуетъ подъ видомъ мистицизма и воображаетъ, что въ состояніи проникнуть за границы истиннаго познанія природы до тайнъ «сверхъестественнаго» міра.

3. Наблюденіе. Только въ томъ случаѣ воспріятія являются достаточно надежными для того, чтобы служить матеріалами для научной разработки, когда они производятся людьми съ ясными и тонкими чувствами, съ надлежащимъ складомъ ума, свободнымъ отъ предразсудковъ, и безъ излишней торопливости. Такъ какъ изумленіе, часто вызываемое быстро наступающими событіями, не благопріятно безпристрастному пониманію ихъ, то явленія должны или продолжаться достаточно долго или не быть для людей неожиданными. Но послѣднее возможно только въ томъ случаѣ, если событія наступаютъ медленно, или возвѣщаются предзнаменованіями или, наконецъ, если, на основаніи прежнихъ наблюденій, можетъ быть предсказано или вычислено, по меньшей мѣрѣ приблизительно, время ихъ наступленія. Если явленіе такимъ образомъ воспринимается съ необходимымъ вниманіемъ, соображая всѣ побочныя обстоятельства, то мы тогда называемъ этотъ процессъ наблюденіемъ.

Поэтому наблюденія для научнаго прогресса имѣютъ гораздо больше цѣны, чѣмъ случайныя впечатлѣнія. Если мы въ состояніи знать заранѣе, когда и при какихъ обстоятельствахъ слѣдуетъ ожидать наступленія опредѣленнаго событія, то мы можемъ принять лучшее, наиболѣе подходящее для наблюденія положеніе, можемъ вооружиться соотвѣтственными инструментами и озаботиться также о томъ, чтобы обратить на это явленіе вниманіе многихъ изслѣдователей. Это особенно важно по отношенію къ такимъ явленіямъ, наступленіе которыхъ въ опредѣленное время, на основаніи уже имѣющихся данныхъ, можетъ быть предсказано съ большею или меньшею точностью, въ то время какъ самое наблюденіе можетъ быть разстроено неблагопріятными обстоятельствами (дурной погодой и т. п.), какъ напримѣръ, это имѣетъ мѣсто при затмѣніяхъ солнца и луны, при прохожденіи звѣздъ черезъ меридіаны и при другихъ многочисленныхъ астрономическихъ явленіяхъ. Хотя мы и въ состояніи иногда вычислить наступленіе подобнаго явленія самымъ точнымъ образомъ, до дробныхъ долей секунды, но мы не можемъ ничего, даже малѣйшаго, внести въ него отъ себя. Поэтому тѣмъ важнѣе, если представляется подобный случай для наблюденія, использовать его надлежащимъ образомъ.

Поучительнымъ примѣромъ этому служитъ прохожденіе Венеры впереди или позади солнечнаго диска; наблюденіе этого прохожденія имѣетъ огромное значеніе для точнаго вычисленія отстоянія земли отъ солнца. Поэтому, когда это событіе предстояло въ 1874 и 1882 г., было снаряжено много экспедицій для производства наблюденій съ различныхъ мѣстъ земного шара, такъ какъ ближайшій случай для этого представится снова только въ 2004 и 2012 г.—Въ другомъ случаѣ, напротивъ, наблюденіе возможно только на опредѣленныхъ мѣстахъ земли. Чтобы провѣрить утвержденіе, что утконосы кладутъ яйца, изслѣдователи должны были отправиться въ Австралію, гдѣ только и можно встрѣтить этихъ животныхъ.

4. **Опыты.** Напротивъ, въ другихъ случаяхъ мы въ состояніи по произволу вызывать условія, необходимыя для производства наблюденій. Если мы, напримѣръ, желаемъ наблюдать полетъ птицы, усѣвшейся на вѣткѣ дерева, то для этого достаточно крикнуть, бросить камень или произвести что либо подобное, чтобы вспугнуть птицу. Когда камень лежитъ на столѣ, то намъ нужно только сдвинуть его за край стола, чтобы заставить его упасть. Въ другихъ случаяхъ не такъ легко вызвать появленіе какого нибудь событія, теченіе котораго мы желаемъ наблюдать. Но тамъ, гдѣ это возможно, намъ нѣтъ надобности ожидать, когда явленіе наступитъ само. Если мы, кромѣ того, въ состояніи до извѣстной степени измѣнять условія наступленія и теченія явленія, то мы можемъ установить, какія обстоятельства для наступленія и хода явленія существенны и какія не имѣютъ значенія.

Наблюденіе, производимое при извѣстныхъ и произвольно установленныхъ нами условіяхъ, мы называемъ опытомъ или экспериментомъ. Ясно, какія преимущества представляетъ подобное изслѣдованіе сравнительно съ случайными наблюденіями, не зависящими отъ нашей воли. Но, конечно, иногда очень трудно установить требуемыя условія и въ достаточной степени управлять ими. Такіе простые опыты, какіе были выше приведены въ видѣ примѣровъ, только рѣдко бываютъ годны для составленія болѣе глубокаго взгляда на изслѣдуемое явленіе. Что камень или какой нибудь другой предметъ, не будучи подпертъ, падаетъ, мы, при нашемъ содѣйствіи или безъ него, можемъ наблюдать часто. Но когда вопросъ въ томъ, чтобы точно изслѣдовать всѣ условія случая, тогда къ цѣли могутъ привести насъ только болѣе тщательные и разнообразно видоизмѣняемые опыты.

Опыты могутъ быть поставлены или съ цѣлью изслѣдованія свойствъ предмета или съ цѣлью установки связи явленій *) Въ обоихъ случаяхъ мы, по большей части, выходимъ изъ предположенія (гипотезы) и цѣлью опыта является испытаніе правильности предположенія. Иногда возможно при посредствѣ хорошо придуманнаго опыта рѣшить, какой

*) Мы здѣсь оставляемъ въ сторонѣ такіе опыты, которые служатъ только къ тому, чтобы показать другимъ то, что мы уже знаемъ, чтобы ознакомить съ этимъ другихъ; эти опыты называются школьными или демонстраціонными.

изъ двухъ гипотезъ, считающихся равнозначущими, должно быть отдано предпочтеніе. Подобный опытъ часто называютъ experimentum crucis.

Предположимъ, что мы нашли тѣло, окраска котораго и другія, легко воспринимаемыя, свойства заставляютъ насъ предположить, что это — с е р е б р о. Чтобы провѣрить это предположеніе, мы путемъ опыта опредѣляемъ другія свойства найденнаго тѣла, чтобы изслѣдовать, согласуются-ли они съ извѣстными свойствами серебра. Мы начинаемъ ковать тѣло и находимъ, что оно очень ковко и гибко. Мы опредѣляемъ его удѣльный вѣсъ и находимъ его равнымъ 10,5. Мы находимъ, что, при нагрѣваніи, оно не окисляется и плавится только при довольно высокой температурѣ (около 1000°). Если расплавленный металлъ въ моментъ застыванія обнаруживаетъ явленіе вспучиванія, то наше предположеніе почти уже подтверждено. Для дальнѣйшаго обоснованія мы испытываемъ еще отношеніе его къ кислотамъ; мы находимъ, что соляная кислота на тѣло почти не дѣйствуетъ, концентрированная сѣрная только при нагрѣваніи, азотная же дѣйствуетъ на него уже на холоду. Къ раствору, полученному послѣднимъ способомъ, мы прибавляемъ соляную кислоту, — образуется бѣлый осадокъ, снова растворяющійся въ избыткѣ амміака. Теперь мы убѣждены, что мы имѣемъ дѣло съ серебромъ. Установка другихъ свойствъ можетъ служить только къ подкрѣпленію діагноза, но не къ его измѣненію *).

Въ данномъ случаѣ опыты служили, слѣдовательно, къ установкѣ свойствъ предмета. Слѣдующій примѣръ объяснитъ установленіе связи между явленіями.—В е н ь я м и н ъ Ф р а н к л и н ъ, при своихъ занятіяхъ электричествомъ, пришелъ къ предположенію, что гроза—явленіе электрическое. Онъ подвергъ эту гипотезу испытанію путемъ опыта, для этого онъ пустилъ, во время грозы, змѣй съ желѣзнымъ остріемъ, на концѣ пеньковаго шнурка онъ укрѣпилъ ключъ; послѣдній отъ держащей руки былъ изолированъ шелковымъ шнуромъ. Ему удалось извлечь изъ ключа искры, какъ изъ кондуктора электрической машины. Этимъ гипотеза его была подтверждена; онъ подкрѣпилъ ее еще другими опытами, приведшими въ заключеніе къ устройству громоотводовъ.

Не всегда отношеніе между двумя явленіями бываетъ таковымъ, чтобы одно изъ нихъ было неизбѣжно необходимо для возникновенія другого, или, какъ говорятъ, чтобы первое было conditio sine qua non для второго. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ болѣе, чѣмъ два явленія такъ связаны между собою, что каждое изъ нихъ вліяетъ на всѣ остальныя. Или можетъ случиться, что наступленіе одного изъ тѣхъ явленій, которое имѣетъ мѣсто при данныхъ условіяхъ, встрѣчаетъ препятствіе со стороны какого нибудь новаго обстоятельства. Порохъ, напримѣръ, взрываетъ отъ искры; но взрыва не происходитъ, если порохъ мокръ. Смотря, слѣдовательно, по характеру условій, опыты, имѣющіе цѣлью установить свойства вещей или явленій, должны быть производимы различно. Слѣдуетъ, напримѣръ, установить, какимъ образомъ явленіе A зависитъ отъ четырехъ остальныхъ B, C, D, E. Полный рядъ опытовъ слѣдовало бы произвести такъ, чтобы явленія C, D, E были удержаны постоянными, явленіе B должно было бы или совершенно отсутствовать или быть измѣняемо въ возможно широкихъ предѣлахъ; затѣмъ слѣдовало бы удержать постоянными B, D, E и измѣнять C; тоже самое нужно было бы сдѣлать съ D и, наконецъ, съ E.

П р и м ѣ р ъ: для произрастанія растеній необходимо воспринятіе ихъ корнями воды, фосфорной кислоты, калія и азота въ видѣ опредѣленныхъ соединеній. Чтобы установить, сколько необходимо этихъ веществъ и въ видѣ какихъ соединеній они лучше всего дѣйствуютъ, производятъ надъ растеніемъ такой опытъ; вводятъ въ избытокъ воду, калійныя и азотистыя

---

*) Если не высказывается никакого предположенія о природѣ какого нибудь вещества, то должно путемъ систематическаго испытанія установить каждое изъ его свойствъ и доказать отсутствіе другихъ, изъ этого затѣмъ слѣдуетъ, тождественно-ли это вещество съ какимъ-нибудь извѣстнымъ тѣломъ или же это смѣсь извѣстныхъ тѣлъ или, наконецъ, новое, еще неизвѣстное тѣло. Примѣняемое изслѣдованіе будетъ тѣмъ лучше, чѣмъ быстрѣе и точнѣе оно приводитъ къ несомнѣнному результату. Служащіе для этой цѣли методы опираются на имѣющіеся уже знанія всѣхъ свойствъ извѣстныхъ тѣлъ, какъ это видно изъ вышеприведеннаго примѣра съ серебромъ. Ученіе о различныхъ способахъ открытія извѣстныхъ тѣлъ составляетъ содержаніе аналитической химіи. Въ логическомъ отношеніи изслѣдованіе равнозначуще тому, которое примѣняется при опредѣленіи какого нибудь растенія или животнаго, но въ этомъ послѣднемъ случаѣ опыты или совсѣмъ не производятся или въ очень незначительномъ объемѣ; здѣсь больше имѣетъ примѣненія внимательное разсмотрѣніе признаковъ или свойствъ.

соединенія, фосфорную же кислоту въ измѣнчивомъ количествѣ и въ различныхъ формахъ. Когда, такимъ образомъ установлена зависимость роста отъ фосфорной кислоты, тогда вносятъ ее рядомъ съ водой и азотистыми соединеніями въ избыткѣ, соединенія же калія въ измѣнчивомъ. Затѣмъ тоже самое дѣлаютъ съ соединеніями азота и т. д., пока не будутъ разъяснены всѣ отношенія.

Выборъ правильнаго метода и умѣнье пользоваться подходящими условіями для чистыхъ наблюденій и опытовъ составляетъ главнымъ образомъ то, что дастъ изслѣдователю удачу и отъ чего зависитъ большій или меньшій прогрессъ науки. Счастливый случай можетъ послужить поводомъ натолкнуться на новое явленіе и позволить такимъ образомъ сдѣлать, можетъ быть, важное открытіе. Но только тотъ, дѣйствительно, используетъ такой случай, кто правильно оцѣнитъ явленіе, кто узнаетъ его отношенія къ фактамъ, уже извѣстнымъ, и условія, отъ которыхъ зависитъ самое явленіе, чтобы подвергнуть его затѣмъ повторному и соотвѣтственнымъ образомъ измѣняемому изслѣдованію.

5. Измѣрительные опыты. Послѣдній примѣръ показываетъ, что отношенія между двумя явленіями иногда могутъ быть выражены числомъ и мѣрою, именно тогда, когда измѣримому измѣненію одного явленія соотвѣтствуетъ измѣримое измѣненіе другого. Гдѣ возможно доказать такое отношеніе и точно его прослѣдить, тамъ оно позволяетъ глубже познать связь явленій. Оно ведетъ къ установкѣ опредѣленныхъ, въ математической формѣ, выражаемыхъ законовъ и прокладываетъ путь къ математической обработкѣ задачи. Поучительный примѣръ громаднаго прогресса, вытекающаго изъ этого способа обработки, представляетъ открытіе Галилеемъ закона паденія; при посредствѣ его, въ соединеніи съ законами Кеплера, Ньютону удалось достигнуть, въ общемъ законѣ тяготѣнія, великаго обобщенія.

Галилею, когда онъ на 19 году своей жизни проходилъ курсъ наукъ въ Пизѣ, однажды, во время присутствія на богослуженіи въ соборѣ, бросился въ глаза фактъ, что малыя и большія люстры, висѣвшія на цѣпяхъ одинаковой длины, показывали одинаковую продолжительность колебаній. Обдумывая это явленіе, онъ пришелъ къ заключенію, что колебанія маятника должны быть разсматриваемы, какъ родъ паденія. Колеблющееся тѣло, при выведеніи его изъ положенія покоя, при которомъ шнуръ или цѣпь, его удерживающіе, совершенно вертикальны, сначала поднимается, а затѣмъ падаетъ до своего самаго низкаго положенія, при чемъ оно, благодаря своему прикрѣпленію, принуждено двигаться по дугѣ круга. Если это его пониманіе колебаній маятника было правильно, то его наблюденіе становилось въ прямое противорѣчіе съ общепризнаннымъ въ то время ученіемъ Аристотеля, что тяжелыя тѣла скорѣе падаютъ, чѣмъ легкія. Если наблюдать, какъ падаетъ камень и пухъ, то замѣчается, дѣйствительно, различіе въ томъ видѣ, какъ его вообще принималъ Аристотель; но это, какъ справедливо предположилъ Галилей, зависитъ отъ сопротивленія воздуха, значительно сильнѣе препятствующаго паденію легкихъ тѣлъ, чѣмъ тяжелыхъ *). Чтобы доказать неправильность положенія Аристотеля, Галилей выставилъ слѣдующее разсужденіе: представимъ себѣ падающее тѣло раздѣленнымъ на любое число равныхъ частей. Каждая изъ нихъ, конечно, легче цѣлаго тѣла. Всѣ частички падаютъ одинаково быстро. Но нѣтъ основанія думать, что что нибудь должно измѣниться, если всѣ частички соединятся въ одно тяжелое тѣло.

Такъ далеко ушелъ впередъ Галилей, пользуясь исключительно царившимъ въ то время діалектическимъ методомъ. Но онъ не остановился на этомъ, и произвелъ опыты для провѣрки своихъ предположеній. Онъ заставлялъ тѣла различнаго вѣса падать съ косой башни въ Пизѣ и нашелъ, что всѣ они падали одинаково скоро, если они были достаточно тяжелы и настолько большого удѣльнаго вѣса, что препятствіе со стороны сопротивленія воздуха не могло оказывать замѣтнаго вліянія на ихъ паденіе. Затѣмъ онъ сдѣлалъ опыты съ маятникомъ и нашелъ, что продолжительность колебаній зависитъ не отъ массы маятника, а отъ его длины. Онъ заключилъ дальше, что законы паденія удобнѣе могутъ быть изучаемы на замедленномъ паденіи, какъ это имѣетъ мѣсто при скатываніи шаровъ по наклоннымъ плоскостямъ, и поставилъ въ этомъ отношеніи опыты. Путемъ такихъ остроумныхъ, здѣсь только вкратцѣ

---

*) Справедливость этого предположенія теперь легко можетъ быть доказана, если заставить падать легкое и тяжелое тѣло въ безвоздушномъ пространствѣ; при этихъ условіяхъ оба они упадутъ одинаково скоро.

указываемыхъ разсужденій и опытовъ пришелъ онъ, въ заключеніе, къ установкѣ законовъ паденія. Его остроумію слѣдуетъ тѣмъ больше удивляться, что онъ не имѣлъ еще часовъ, и долженъ былъ пользоваться для измѣренія времени истеченіемъ воды изъ узкихъ отверстій.

Когда мы въ настоящее время производимъ опыты съ свободнымъ паденіемъ тѣлъ, то мы пользуемся машинами для изученія паденія, позволяющими значительно болѣе точныя измѣренія по сравненію съ тѣми, которыя были возможны для Галилея. Допустимъ на мгновеніе, что законъ этотъ намъ еще неизвѣстенъ и долженъ быть найденъ только изъ результатовъ. Если мы назовемъ проходимое въ теченіе извѣстнаго времени t пространство s, то изъ четырехъ опытовъ мы найдемъ:

Въ теченіе времени . . .	t	$2t$	$3t$	$4t$
пройдены пространства . .	s	$4s$	$9s$	$16s$

Мы видимъ, слѣдовательно, что если времена относятся, какъ $1:2:3:4$, то пути, проходимые тѣломъ при паденіи относятся, какъ $1:4:9:16$, мы можемъ также написать это такъ:

$$1^2 : 2^2 : 3^2 : 4^2.$$

Мы можемъ, слѣдовательно, сказать: пути, проходимые тѣломъ при паденіи, относятся, какъ квадраты временъ паденія.

Выразившись такъ, мы сдѣлали уже индуктивное заключеніе; мы приняли, что все, что примѣнимо къ 4 промежуткамъ времени, для которыхъ только существуютъ опытныя данныя, примѣнимо и для другихъ, неизмѣренныхъ нами. Справедливость этой гипотезы мы можемъ испытать новыми опытами. Мы измѣряемъ, напримѣръ, пути, проходимые при паденіи, для времени паденія $3^1/_2 t$ и для $8t$ и находимъ для нихъ $12^1/_4 s$ и $64s$, что совершенно отвѣчаетъ предсказанію. Чѣмъ значительнѣе число такихъ опытовъ, чѣмъ больше результаты, полученные по различнымъ способамъ, согласуются съ гипотезой, тѣмъ больше приближается послѣдняя къ закону. Она дѣлается имъ, переставая быть гипотезой, если мы въ состояніи доказать, что слѣдствія всякой другой гипотезы ведутъ къ результатамъ, несогласнымъ съ фактами.

6. Единицы измѣренія. При опытахъ подобнаго рода необходимо не только наблюдать явленія, отношенія которыхъ должны быть установлены, но и измѣрять ихъ, т. е. сравнивать съ опредѣленными вещами, избранными за единицы измѣренія.

Предметы или явленія, могущія быть измѣренными, называются величинами *). Существуютъ различнаго рода величины; другъ съ другомъ могутъ быть сравниваемы лишь однородныя. Нельзя выразить теплоту, излучаемую печью, въ сантиметрахъ или скорость курьерскаго поѣзда въ граммахъ. Слѣдовательно, единицы измѣренія должны быть разнаго рода. Въ дѣйствительности же существуетъ лишь три основныхъ мѣры, къ которымъ приводятся всѣ остальныя: длина, масса и время. Единицей длины служитъ сантиметръ (1 см.), единицей массы—граммъ (1 грм.), единицей времени—секунда (1 сек.). Обозначенія мѣры, отнесенныя къ основнымъ единицамъ, называются абсолютными. Рядомъ съ этимъ, въ практической жизни, въ техникѣ, также какъ въ нѣкоторыхъ отдѣлахъ науки въ употребленіи различныя, такъ называемыя практическія мѣры, которыя могутъ быть сведены къ абсолютной системѣ мѣръ.

Сантиметръ (1 см.) — это одна сотая часть нормальнаго эталона, нормальнаго метра, сохраняемаго въ международномъ бюро мѣръ и вѣсовъ въ Ст. Клу около Парижа. Согласно первоначальному намѣренію, 1 метръ долженъ былъ равняться одной милліонной части четверти земного меридіана. Конечно, это не вполнѣ точно, но это все равно, такъ какъ имѣется въ виду только цѣль, чтобы всѣ измѣренія были произведены одной и той же мѣрой. Это достигается тѣмъ, что всѣ приборы, примѣняемые для точныхъ измѣреній, сравниваются съ нормальнымъ эталономъ или точными копіями его. Изъ мѣръ длины выводятся плоскостныя и объемныя мѣры, квадратный сантиметръ (1 см.^{2}) и кубическій (1 см.^{3}).

Граммъ (1 грм.)—это масса одного кубическаго сантиметра (1 см.^{3}) воды при $+4^\circ$ С., когда вода имѣетъ наибольшую плотность или масса любого другого вещества, имѣющая тотъ же вѣсъ **)

---

*) Выраженіе «измѣрять явленія» употреблено только ради краткости. Измѣряются только величины, оказывающія вліяніе на явленія; дальше это будетъ объяснено.

**) Понятія масса и вѣсъ не тожественны. Но когда двѣ одинаковыя массы сравниваются при одинаковомъ разстояніи отъ центра земли, тогда и вѣса ихъ одинаковы (сравн. гл. 4, § 2).

Секунда (1 сек.)—это $\frac{1}{86400}$ часть средней продолжительности солнечнаго дня; звёздный день, т. е. время между слѣдующими другъ за другомъ кульминаціями одной и той же неподвижной звѣзды (т. е. время между моментами прохожденія звѣзды черезъ меридіанъ мѣста наблюденія) на 0,09 секунды длиннѣе средняго солнечнаго дня. Съ единицами измѣреній, необходимыми для нашихъ цѣлей, мы ознакомимся позднѣе.

При производствѣ измѣреній мы можемъ пользоваться инструментами, повышающими точность: микроскопомъ, зрительной трубой и т. п. Нѣкоторыя измѣренія не могутъ быть произведены прямо, но должны быть сдѣланы косвеннымъ путемъ. Измѣреніе, напримѣръ, температуры тѣла вставленнымъ въ него термометромъ основывается на томъ, что, при достаточно долгомъ соприкосновеніи, ртуть, заключенная въ термометрѣ, принимаетъ ту же температуру, что и измѣряемое тѣло; о температурѣ же ртути мы узнаемъ изъ измѣненія его объема, а послѣднее мы опредѣляемъ по измѣненію длины ртутнаго столбика, заключеннаго въ трубкѣ. Гдѣ это возможно, стараются свести всѣ измѣренія къ измѣренію длины или угловъ (части круга).

7. Ошибки измѣренія. Какъ бы тщательно мы не производили измѣренія, никогда нельзя совершенно избѣгнуть небольшихъ ошибокъ. Эти ошибки наблюденія или отсчета частью зависятъ отъ несовершенства инструментовъ, частью отъ несовершенства нашихъ органовъ чувствъ. Первыя, при нѣкоторыхъ условіяхъ, будутъ постоянными, и могутъ быть опредѣлены путемъ провѣрки инструмента.

Ходъ хорошихъ часовъ съ маятникомъ, которыми пользуются въ обсерваторіяхъ, никогда не совпадаетъ съ ходомъ средняго солнечнаго или звѣзднаго дня такъ, чтобы на часъ перваго приходилось 86400 секундъ или 86400,09 на часъ второго. Путемъ сравненія хода часовъ съ слѣдующими другъ за другомъ прохожденіями звѣзды черезъ меридіанъ, можно точно установить его; и если послѣдній не измѣняется, то, при помощи этихъ часовъ, можно также точно измѣрить, какъ будто бы они не показывали никакихъ отклоненій. Ходъ часовъ съ маятникомъ зависитъ отъ длины послѣдняго, и если бы длина его нѣсколько измѣнилась отъ колебаній температуры, то такіе часы были бы совершенно непригодны для точныхъ измѣреній. Вліяніе на маятникъ температурныхъ колебаній должно поэтому быть компенсировано подходящимъ способомъ, т. е. онъ долженъ быть такъ устроенъ, чтобы его длина *) оставалась неизмѣнной; точность же компенсаціи должна быть испытана особымъ опытомъ.

Можно, слѣдовательно, производить точныя измѣренія и съ невѣрными инструментами, лишь бы были установлены ихъ погрѣшности и было извѣстно, что онѣ постоянны. При всѣхъ затѣмъ отсчетахъ дѣлается такъ называемая поправка, уничтожающая погрѣшность. Непостоянныя ошибки, происходятъ ли онѣ отъ инструментовъ или отъ органовъ чувствъ, не допускаютъ никакой простой поправки. Но можно, при многократномъ повтореніи одного и того же измѣренія, установить предѣлы, въ которыхъ происходятъ колебанія измѣряемой величины. При этомъ уже само по себѣ вѣроятно, что отклоненія отъ искомой истинной величины лежатъ не всегда въ одномъ и томъ же направленіи, какъ это бываетъ при постоянныхъ ошибкахъ, обусловливаемыхъ измѣрительнымъ инструментомъ, способомъ измѣренія или свойствами органовъ чувствъ наблюдателя. Измѣренныя величины то слишкомъ малы, то слишкомъ велики. Если, поэтому, произвести очень большое число измѣреній и вычислить изъ найденныхъ чиселъ среднее ариѳметическое, то ошибки наблюдателя почти сглаживаются и получается величина, довольно близкая къ измѣряемой.

Чѣмъ больше число наблюденій, тѣмъ больше вѣроятность, что ошибки наблюденія взаимно сгладились. Затѣмъ можно, по опредѣленнымъ математическимъ правиламъ, вычислить, какъ можетъ быть велика **вѣроятная ошибка** средняго ариѳметическаго. Если величина не можетъ быть получена посредствомъ одного единственнаго ряда опытовъ, но должна быть выве-

---

*) Подразумѣвается такъ называемая «приведенная» длина маятника. Такъ какъ отдѣльныя точки тяжелаго маятника различно удалены отъ точки привѣса, то ближайшія, (которыя, если бы онѣ были однѣ, двигались бы быстрѣе) дѣйствуютъ ускоряющимъ образомъ на болѣе удаленныя, а эти въ свою очередь дѣйствуютъ замедляющимъ образомъ на первыя. Въ опредѣленной точкѣ эти оба вліянія уничтожаютъ другъ друга; эта точка, слѣдовательно, будетъ такъ колебаться, какъ будто бы она одна только и была. Отстояніе этой точки отъ точки привѣса и есть приведенная длина; отъ нея зависитъ продолжительность колебанія маятника.

дена изъ многихъ рядовъ измѣреній (напримѣръ, при опредѣленіи плотности тѣла, гдѣ оно разъ должно быть взвѣшено въ воздухѣ и разъ подъ водою), то каждый рядъ имѣетъ свои ошибки наблюденій; вѣроятная ошибка общаго результата будетъ зависѣть отъ того, всѣ-ли погрѣшности отдѣльныхъ наблюденій дѣйствуютъ въ одномъ и томъ же направленіи или же онѣ частью сглаживаютъ другъ друга. Вѣроятную величину общей погрѣшности можно вычислить и можно такъ поставить опыты, что она будетъ возможно мала.

8. Функціональное отношеніе. Если два ряда величинъ стоятъ другъ къ другу въ такомъ отношеніи, что каждой величинѣ одного ряда соотвѣтствуетъ одна величина другого (при нѣкоторыхъ условіяхъ и многія), то такое отношеніе называютъ функціональнымъ отношеніемъ и выражаютъ его уравненіемъ $x = f(y)$. Въ этой формулѣ x и y обозначаютъ различныя числа, они—перемѣнныя величины; но какъ только x приписывается опредѣленное значеніе, этимъ уже точно опредѣляется и соотвѣтственное значеніе y. Въ примѣрѣ, касающемся закона паденія (§ 5), пути и времена паденія стоятъ въ функціональномъ отношеніи, такъ какъ каждому опредѣленному времени паденія соотвѣтствуетъ опредѣленный путь. Мы можемъ, поэтому, написать $s = f(t)$. Это обозначаетъ, что между величинами s и t существуютъ числовыя отношенія, но родъ этихъ отношеній остается еще неопредѣленнымъ. Если отношенія извѣстны, то можно неопредѣленное уравненіе $s = f(t)$ замѣнить другимъ, указывающимъ на родъ этихъ отношеній; въ нашемъ случаѣ такимъ уравненіемъ было бы $s = a.t^2$. Въ этомъ уравненіи s и t величины перемѣнныя, a, напротивъ, величина постоянная, которая во всѣхъ случаяхъ удерживаетъ неизмѣннымъ свое значеніе. Если мы обозначимъ $t = 1$, то и $t^2 = 1$, а отсюда $s = a$; т. е. a есть то число, которое обозначаетъ пройденный путь для первой секунды паденія; при свободномъ, вертикальномъ паденіи въ среднихъ широтахъ $a = 4{,}9$ *m*.

Функціональное отношеніе бываетъ всегда взаимнымъ; такъ какъ если значенію y соотвѣтствуетъ опредѣленное значеніе x, то и каждому значенію x равнымъ образомъ соотвѣтствуетъ опредѣленное значеніе y. Уравненію $x = f(y)$ соотвѣтствуетъ, слѣдовательно, всегда другое $y = f(x)$. Уравненію $s = a.t^2$ отвѣчаетъ обратное $t = \pm \sqrt{\frac{s}{a}}$ *).

9. Выведеніе законовъ изъ опытовъ. Предшествующія разсужденія показали, какъ на основаніи тщательно поставленныхъ опытовъ находятъ закономѣрныя отношенія и какъ, при случаѣ, они могутъ быть представлены при помощи формулъ. Съ цѣлью дальнѣйшаго объясненія, приведемъ еще одинъ примѣръ изъ другого отдѣла физики. Должно изслѣдовать, какимъ образомъ нагрѣтое тѣло отдаетъ свою теплоту въ менѣе нагрѣтое, окружающее его, пространство и, чтобы возможно упростить задачу, слѣдуетъ исключить отдачу тепла проведеніемъ, такъ чтобы было возможно только такъ называемое излученіе.

Чтобы экспериментально рѣшить эту задачу, можно было бы, напримѣръ, поступить такъ. Нагрѣваютъ термометръ съ довольно большимъ шарикомъ ртути, скажемъ, до 20°. Термометръ укрѣпляется въ пробкѣ, пригнанной къ отверстію толстостѣннаго шарообразнаго стекляннаго сосуда такъ, что когда вставляется пробка, шарикъ термометра приходится въ срединной точкѣ сосуда. Сосудъ, кромѣ того, снабженъ трубкой съ хорошо пришлифованнымъ краномъ, посредствомъ котораго онъ можетъ быть запертъ. Когда пробка съ термометромъ хорошо вставлена въ сосудъ, соединяютъ трубку послѣдняго съ воздушнымъ насосомъ и производятъ въ сосудѣ безвоздушное пространство; затѣмъ помѣщаютъ его въ большій сосудъ и окружаютъ маленькими кусочками льда, такъ что стѣнки сосуда охлаждаются до 0° и долго могутъ быть удержаны при этой температурѣ.

Термометръ между тѣмъ падаетъ. Мы ждемъ, пока онъ не станетъ на 10°, и отмѣчаемъ время, когда это произошло; затѣмъ отмѣчаемъ время, когда термометръ станетъ на 9° и т. д.

*) Каждому значенію s соотвѣтствуютъ, слѣдовательно, два значенія t, одно положительное и одно отрицательное. Принимая во вниманіе такіе случаи, мы и сказали раньше, что иногда каждой величинѣ одного ряда соотвѣтствуютъ многія величины другого.

Другими словами, мы устанавливаемъ время паденія термометра на одинъ градусъ. Мы обозначимъ то время (въ секундахъ), въ теченіе котораго термометръ съ 10^0 понизился до 9^0, m. Дальнѣйшее теченіе ясно изъ слѣдующей таблицы:

Термометръ стоитъ на:	Время, протекшее съ момента стоянія на 10^0.	Термометръ стоитъ на:	Время, протекшее съ момента стоянія на 10^0.
10^0	0 m	4^0	8,7 m
9^0	1 »	3^0	11,4 »
8^0	2,1 »	2^0	15,2 »
7^0	3,4 »	1^0	21,5 »
6^0	4,9 »	0^0	40,5 »
5^0	6,6 »		

Попробуемъ, не окажется-ли возможнымъ вывести изъ этихъ фактовъ какую-нибудь законность *).

Мы дѣлаемъ гипотезу, что лученспусканіе пропорціонально разницѣ температуръ тѣла, отдающаго тепло, и пространства, его окружающаго. Такъ какъ температура послѣдняго держалась постоянной при 0^0, то эта разница равна каждый разъ температурѣ, показываемой термометромъ.

Въ теченіе того времени въ которое термометръ упалъ съ 10^0 на 9^0, средняя температура его была $9{,}5^0$. За это время ($= m$ сек.) термометръ понизился на 1^0; слѣдовательно, его паденіе въ каждую единицу времени будетъ $= \frac{1^0}{m}$. Въ то время, какъ термометръ упалъ съ 9^0 на 8^0, средняя его температура была $8{,}5^0$; пониженіе на 1^0 потребовало времени 1,1 m. (именно 2,1 m. — 1 m.); такимъ образомъ, за единицу времени онъ упалъ на $\frac{1^0}{1{,}1\ m}$. Чтобы упасть съ 6^0 на 5^0, въ теченіе какого времени температура термометра была $5{,}5^0$, потребовалось времени $6{,}6 - 4{,}9 = 1{,}7\ m$.; паденіе въ единицу времени было равно, слѣдовательно, $\frac{1^0}{1{,}7\ m}$ и т. д.

Сопоставимъ теперь еще разъ въ таблицѣ значенія, найденныя опытомъ; но прибавимъ къ нимъ сбоку подъ обозначеніемъ «вычислено» другія значенія, вычисленныя нами на основаніи предположенія, что гипотеза наша правильна.

1	2		3	
Температурная разница.	Продолжительность времени, потребная для паденія температуры на 1^0.		Въ единицу времени происшедшее паденіе температуры.	
	Найдено.	Вычислено.	Найдено.	Вычислено.
$9^1/_2{}^0$	1 m		$^1/m$	$^1/m$
$8^1/_2{}^0$	1,1 »	1,12 m	$^1/_{1,1}$ m	$^1/_{1,12}$ m
$7^1/_2{}^0$	1,3 »	1,29 »	$^1/_{1,3}$ m	$^1/_{1,29}$ m
$6^1/_2{}^0$	1,5 »	1,46 »	$^1/_{1,5}$ m	$^1/_{1,46}$ m
$5^1/_2{}^0$	1,7 »	1,73 »	$^1/_{1,7}$ m	$^1/_{1,73}$ m
$4^1/_2{}^0$	2,1 »	2,11 »	$^1/_{2,1}$ m	$^1/_{2,11}$ m
$3^1/_2{}^0$	2,7 »	2,71 »	$^1/_{2,7}$ m	$^2/_{2,71}$ m
$2^1/_2{}^0$	3,8 »	3,80 »	$^1/_{3,8}$ m	$^1/_{3,80}$ m
$1^1/_2{}^0$	6,3 »	6,33 »	$^1/_{6,3}$ m	$^1/_{6,33}$ m
$^1/_2{}^0$	19,0 »	19,00 »	$^1/_{19,0}$ m	$^1/_{19,00}$ m

*) Мы при этомъ оставляемъ пока совершенно въ сторонѣ, что нужно понимать подъ выраженіями «теплота» и «температура». Объясненіе этихъ выраженій будетъ дано послѣ. Мы предполагаемъ, что «теплота», чѣмъ бы она ни была, въ состояніи переходить съ болѣе теплыхъ или болѣе высоко нагрѣтыхъ тѣлъ на болѣе холодныя, менѣе нагрѣтыя. Этотъ переходъ, если онъ совершается самъ по себѣ, безъ посредства матеріальныхъ тѣлъ (какъ это имѣло мѣсто въ нашемъ случаѣ, гдѣ термометръ находился въ безвоздушномъ пространствѣ), мы называемъ **излученіемъ**.

Во второй рубрикѣ было принято, что первый отсчетъ времени, въ теченіе котораго термометръ упалъ съ 10° на 9°, былъ точенъ, и отсюда было вычислено, сколько времени было бы потребно для пониженія съ 9° до 8°, съ 8° до 7° и т. д., при предположеніи справедливости нашей гипотезы, а именно, что отдача тепла каждый разъ пропорціональна разницѣ температуръ. Въ 3-ей рубрикѣ сдѣлано вычисленіе при предположеніи, что послѣднее опредѣленіе (потеря тепла при пониженіи съ 1° до 0°) было самое точное. Полнаго согласія между вычисленнымъ значеніемъ и найденнымъ путемъ опыта нѣтъ. Но въ обоихъ случаяхъ отклоненія незначительны и даютъ намъ право принять, что они могли обусловливаться неизбѣжными погрѣшностями при отсчетѣ термометра и часовъ. Если мы нѣсколько разъ повторимъ опытъ и найдемъ, что отклоненія всегда незначительны и лежатъ то по ту, то по другую сторону, то мы можемъ на этомъ успокоиться и принять, что гипотеза правильна. Такимъ образомъ, она перестаетъ быть гипотезой и дѣлается, согласно нашей терминологіи, закономъ. Въ дѣйствительности, то, что мы нашли, извѣстно въ физикѣ подъ именемъ закона охлажденія Ньютона, который гласитъ:

«Когда тѣло отдастъ тепло только лученспусканіемъ въ пространство съ болѣе низкою температурою, чѣмъ его собственная, то отдача въ каждую единицу времени пропорціональна разницѣ между температурою тѣла и окружающаго пространства».

10. Эмпирическіе и раціональные законы. Законъ, выведенный изъ вышеприведенныхъ опытовъ, есть такъ называемый эмпирическій законъ. Подобные законы имѣютъ значеніе почти исключительно въ предѣлахъ тѣхъ опытовъ, при посредствѣ которыхъ они были найдены. Если для охлажденія до 4° требуется времени 8,7 m., для охлажденія до 3° — 11,4 m. и, мы желаемъ отыскать, какую температуру имѣлъ термометръ спустя 10 m. послѣ начала опыта, то мы можемъ безъ разговора принять, что онъ имѣлъ температуру между 3° и 4°. Мы можемъ вычислить эту температуру, предполагая, что законность, найденная нами для цѣлыхъ градусовъ между 10° и 0°, имѣетъ значеніе и для промежутковъ между 3° и 4°. Но если бы мы захотѣли изъ числовыхъ данныхъ нашихъ опытовъ вычислить, какъ шло бы охлажденіе тѣла, имѣющаго 200° въ пространствѣ, нагрѣтомъ до 50°, то мы не можемъ предположить съ точностью, что законъ и здѣсь найдетъ примѣненіе. Въ дѣйствительности извѣстно, что при бо́льшихъ разницахъ температуръ охлажденіе идетъ быстрѣе, чѣмъ слѣдовало бы этого ожидать на основаніи закона.

При раньше разсмотрѣнномъ законѣ паденія было установлено, что онъ, если исключены вліянія со стороны сопротивленія воздуха и т. п., удерживаетъ свое значеніе въ предѣлахъ, вообще доступныхъ измѣренію. Кромѣ того, мы видѣли, что онъ можетъ быть выведенъ, какъ частный случай, изъ болѣе общаго закона (закона тяготѣнія). Такіе законы, въ отличіе отъ чисто эмпирическихъ, называются раціональными законами. Значеніе первыхъ ограничивается узкою областью, обнимаемою опытами; раціональные законы, напротивъ, имѣютъ неограниченное значеніе, если ихъ правильность доказана на основаніи согласія всѣхъ выводимыхъ изъ нихъ дедукцій съ наблюденіемъ.

Въ предѣлахъ примѣнимости закона можно на основаніи двухъ значеній, найденныхъ изъ опыта, найти промежуточное. Если не стремятся къ абсолютной точности и если интервалъ не слишкомъ вeликъ, то для этого достаточно разложить соотвѣтственный интервалъ на извѣстное число равныхъ частей; при этомъ принимается, что измѣненія въ границахъ интервала протекаютъ равномѣрно или, другими словами, что измѣненія обѣихъ перемѣнныхъ пропорціональны другъ другу.

Изъ таблицы на стр. 36 мы видимъ, что при охлажденіи, по истеченіи времени 3,4 m. термометръ упалъ до 7°, а по истеченіи 4,9 m. до 6°. Чтобы опредѣлить приблизительно, какое было бы стояніе термометра, по истеченіи времени 4 m., мы примемъ, что паденіе съ 7° до 9° было равномѣрно (пропорціонально времени). Все пониженіе на одинъ гра-

дусъ требуетъ времени 1,5 m., поэтому мы можемъ вычислить, что для 0°,1 время равняется 0,15 m. Отъ 3,4 m. до 4 m. прошло 0,6 m. или 4 × 0,15 m.; слѣдовательно, термометръ ко времени 4 m. долженъ былъ бы упасть еще на 0,4°, т. е. стояніе его было бы 6,6° *).

11. Количественные и качественные опыты. Опыты, служащіе къ установкѣ числовыхъ отношеній между рядами величинъ, мы можемъ назвать **количественными**. Но во многихъ случаяхъ мы должны довольствоваться опредѣленіемъ того, происходитъ-ли вообще событіе при извѣстныхъ условіяхъ или нѣтъ, или, вообще, не происходитъ-ли какого измѣненія, такъ какъ изслѣдовать явленіе мѣрой мы не въ состояніи. Такіе опыты для отличія мы назовемъ **качественными**. И путемъ качественныхъ опытовъ мы можемъ достигнуть цѣннаго обогащенія нашихъ знаній. Чѣмъ разнообразнѣе и запутаннѣе условія, при которыхъ происходитъ явленіе, тѣмъ труднѣе ставить количественные опыты, такъ какъ нельзя видоизмѣнять съ достаточною точностью отдѣльныя условія и одновременно удерживать постоянными другія. Только послѣ того, какъ пониманіе связи запутанныхъ явленій достигло извѣстной степени, удается опредѣлить и количественно вліяніе каждаго отдѣльнаго условія. Явленія растительной и животной жизни принадлежатъ, конечно, къ самымъ запутаннымъ. Поэтому, производство измѣрительныхъ опытовъ въ физіологіи обыкновенно сопряжено съ большими затрудненіями. Исторія науки даетъ примѣры, предостерегающіе отъ подобныхъ преждевременныхъ и съ недостаточными средствами производимыхъ опытовъ, какъ приводившихъ къ грубымъ заблужденіямъ.

12. Аппараты. Смотря по объектамъ, на которыхъ производятся опыты и сообразно поставленнымъ задачамъ примѣняемые методы изслѣдованія должны быть весьма разнообразны. Въ стремленіи ставить опыты при возможно болѣе благопріятныхъ условіяхъ, изслѣдователи не только пытались усовершенствовать средства наблюденія, но придумывали также **приспособленія и аппараты**, которые бы возможно хорошо осуществляли потребныя условія опыта **).

Аппараты служатъ или для измѣренія, какъ масштабы, вѣсы, часы, термометры и т. д., или же для производства наблюденій надъ опредѣленными явленіями при совершенно извѣстныхъ условіяхъ, слѣдовательно, для опытовъ. Первые одинаковы почти во всѣхъ наукахъ. Они иногда доводятся до высокой степени точности примѣненіемъ вспомогательныхъ средствъ, усиливающихъ отправленіе нашихъ органовъ чувствъ (микроскопъ и т. п.) ***). Аппараты второго рода, естественно, бываютъ различнаго устройства, смотря по наукѣ, которой они должны служить; но, при случаѣ, аппараты, изобрѣтенные для изслѣдованія въ сферѣ опредѣленной науки, могутъ быть съ пользой употреблены и для другой послѣ приспособленія ихъ къ цѣлямъ, которымъ они должны теперь служить.

Въ физіологіи большое значеніе принадлежитъ особому роду аппаратовъ, оказывающихъ существенныя услуги какъ цѣлямъ демонстраціи, такъ и изслѣдованія; это такъ называемые **схематическіе аппараты**. Принципъ, лежащій въ ихъ основѣ, состоитъ въ возможно простомъ копированіи того, что нужно изслѣдовать или демонстрировать. Аппаратъ тѣмъ лучше исполняетъ свое назначеніе, чѣмъ больше удается сдѣлать всѣ существенныя условія явленія возможно подобными тѣмъ, которыя даны въ изслѣдуемомъ явленіи; несущественныя же условія или оставляются въ сторонѣ, или представляются, насколько возможно, просто.

---

*) Подробности относительно этого способа, называемаго **интерполяціей** см. приложенія.

) Рядомъ съ аппаратами, предназначенными для изслѣдованія, существуютъ еще другіе, служащіе для преподаванія, для демонстраціи уже найденныхъ фактовъ и законовъ; они поэтому называются **демонстраціонными аппаратами.

***) Къ измѣрительнымъ аппаратамъ относятся и такъ называемые графическіе; они находятъ въ физіологіи очень широкое примѣненіе. Относительно принципа, лежащаго въ ихъ основѣ, будетъ подробнѣе сказано въ приложеніи.

Мы узнаемъ при изслѣдованіи кровообращенія, что сердце дѣйствуетъ, какъ насасывающій и какъ нагнетательный насосъ, поддерживающій кровь въ постоянномъ движеніи внутри упругихъ трубокъ кровеносныхъ сосудовъ. Мы составляемъ аппаратъ, по возможности, точно соотвѣтствующій этому приспособленію. Мы замѣняемъ сердце насасывающимъ и нагнетательнымъ насосомъ съ соотвѣтственными клапанами, кровеносные сосуды упругими каучуковыми трубками и т. д. На этой с х е м ѣ кровообращенія, какъ обыкновенно ее называютъ, мы экспериментируемъ дальше, измѣняемъ то ту, то другую часть и узнаемъ многое такое, что наблюдать на самомъ животномъ было бы труднѣе или почти невозможно. Мы производимъ измѣненія въ схемѣ и смотримъ, оказываютъ-ли они вліяніе или нѣтъ на окончательный результатъ. Этимъ путемъ вниманіе направляется на с у щ е с т в е н н ы я стороны изслѣдуемаго явленія и вызывается пониманіе связи различныхъ сторонъ его. Затѣмъ мы изслѣдуемъ, насколько найденные нами на схемѣ факты и законности могутъ быть перенесены на отношенія, существующія у живыхъ животныхъ. Важныя расширенія нашего знанія были получены при помощи такихъ схематическихъ копій. Хорошо составленные аппараты такого рода оказались особенно полезными для демонстрацій извѣстныхъ законностей, такъ какъ на нихъ многое выходитъ яснѣе и нагляднѣе, чѣмъ на живомъ животномъ, у котораго часто только съ трудомъ или почти невозможно непосредственно наблюдать отдѣльныя части, принимающія участіе въ процессѣ.

13. **Наблюденія и опыты на живыхъ существахъ.** Но въ физіологіи важнѣйшимъ способомъ изученія всегда останется производство наблюденій на самихъ ж и в ы х ъ с у щ е с т в а х ъ. Такія наблюденія частью можно производить безъ особенныхъ подготовленій, другія требуютъ большой опытности и сложныхъ вспомогательныхъ средствъ. Уже при поверхностномъ разсмотрѣніи мы видимъ, что человѣкъ въ теченіе всей своей жизни производитъ правильныя дыхательныя движенія, при которыхъ грудная коробка поперемѣнно то расширяется, то съуживается. Что воздухъ при этомъ всасывается и выталкивается черезъ ротъ и носъ, мы можемъ установить путемъ простого опыта, помѣстивъ, напримѣръ, передъ носомъ какое-нибудь легкое тѣло (пушинку). Что выдыхаемый воздухъ богатъ водяными парами, мы узнаемъ изъ появленія осадка послѣднихъ, при охлажденіи выдыхаемаго воздуха. Но не совсѣмъ такъ легко найти, что онъ богатъ угольной кислотой; для этого мы должны привести его въ соприкосновеніе съ известковой или баритовой водой, въ которой при этомъ возникаетъ осадокъ. Что наше сердце правильно сокращается, мы иногда это чувствуемъ, мы можемъ также заключить объ этомъ изъ явленія такъ называемаго сердечнаго толчка или пульса. Но связь этихъ двухъ явленій съ ударомъ сердца не можетъ быть понята прямо, она должна быть обнаружена только путемъ обстоятельныхъ изслѣдованій. Что поперечникъ зрачка измѣнчивъ, легко замѣчается, при разсматриваніи глазъ у людей; не трудно также установить, что это измѣненіе связано съ измѣненіемъ интенсивности свѣта, падающаго въ глазъ; при яркомъ свѣтѣ зрачекъ уже, въ темнотѣ—шире. Но чтобы вполнѣ выяснить связь между этими движеніями радужной оболочки и перемѣной въ интенсивности свѣта, для этого потребовались очень сложныя изслѣдованія, касающіяся свойствъ нервной системы.

Нѣкоторыя наблюденія могутъ быть поставлены только при посредствѣ болѣе или менѣе сильныхъ увеличеній съ помощью микроскопа. Это прежде всего относится къ изученію жизненныхъ явленій, совершающихся въ небольшихъ организмахъ животнаго и растительнаго царства, которыя, вообще, не могутъ быть замѣчены простымъ глазомъ. Капля воды изъ любой лужи, при микроскопическомъ разсматриваніи ея, оказывается богато заселенной живыми организмами, на которыхъ могутъ быть произведены важныя наблюденія. Но и тѣла большихъ животныхъ и растеній оказываются составленными изъ маленькихъ частичекъ, тонкое строеніе которыхъ, распознаваемое путемъ микроскопическаго изслѣдованія, дало цѣнныя указанія для пониманія жизненныхъ явленій. Болѣе мелкіе организмы, а въ нѣкоторыхъ случахъ и болѣе крупныя животныя иногда бываютъ достаточно прозрачны для того, чтобы наблюдать ихъ непосредственно даже при большомъ

увеличеніи. Нерѣдко бываетъ возможно изслѣдовать отдѣльныя, выдѣленныя части большихъ организмовъ, безъ существеннаго нарушенія ихъ свойствъ. По большей же части точное изслѣдованіе строенія производится только послѣ особенной подготовки. Микроскопическая техника, служащая этимъ цѣлямъ, особенно усовершенствована въ послѣдніе годы. Однако, чтобы избѣгнуть ошибокъ вслѣдствіе образованія такъ называемыхъ «искусственныхъ продуктовъ», т. е. вслѣдствіе измѣненій, вызванныхъ примѣненными методами обработки, необходимо каждый разъ путемъ тщательной критики послѣднихъ установить, насколько полученныя картины могутъ быть разсматриваемы за выраженіе живого состоянія.

Микроскопъ, кромѣ изслѣдованія строенія, служитъ также для наблюденія явленій, движеній или измѣненій внѣшняго вида, все равно, происходятъ-ли они, во время наблюденія, безъ нашего участія, или преднамѣренно производятся нами. Часто имѣютъ большую цѣну именно такъ называемыя микрохимическія реакціи, т. е. наступленія измѣненій внѣшняго вида микроскопическаго объекта вслѣдствіе вліянія прибавленнаго къ нему вещества, которое заставляютъ дѣйствовать или передъ приготовленіемъ препарата или во время самаго наблюденія. Во всѣхъ этихъ случаяхъ мы имѣемъ, слѣдовательно, дѣло съ комбинаціями экспериментальныхъ методовъ съ микроскопическимъ наблюденіемъ.

Подобныя наблюденія могутъ быть производимы иногда на цѣлыхъ неповрежденныхъ организмахъ. То же самое относится и къ опытамъ другого рода, при которыхъ или цѣлое животное, или отдѣльныя части его тѣла намѣренно ставятся въ различныя условія. Если мы затѣнимъ глазъ рукою, а затѣмъ, отстранивъ руку, быстро подвергнемъ его дѣйствію яркаго свѣта, то мы замѣтимъ упомянутую уже перемѣну въ ширинѣ зрачка. Тотъ же самый опытъ, произведенный на мертвомъ животномъ, остается безъ результата. Слѣдовательно, дѣло идетъ о жизненномъ явленіи; но пока остается нерѣшеннымъ, прямо или косвенно дѣйствуетъ свѣтъ на радужную оболочку. Если мы сосчитаемъ пульсъ и дыхательныя движенія во время покоя, затѣмъ произведемъ усиленную мышечную работу и непосредственно за этимъ снова сосчитаемъ пульсъ и дыхательныя движенія, то мы найдемъ значительное учащеніе обоихъ; при покоѣ тѣла они постепенно возвращаются къ прежней частотѣ.

14. Вивисекціи. Но такихъ жизненныхъ явленій, которыя могли бы быть изслѣдуемы при помощи подобныхъ простыхъ опытовъ немного. Наблюденіе органовъ, не лежащихъ поверхностно, или желаніе подвергнуть ихъ опредѣленнымъ условіямъ, вызываемымъ цѣлями опыта, дѣлаетъ необходимымъ удаленіе покровныхъ непрозрачныхъ частей или примѣненіе какихъ-либо другихъ пріемовъ. Это, само собой понятно, должно быть сдѣлано на живыхъ животныхъ, такъ какъ на трупѣ мы можемъ только видѣть формы и положеніе частей, но не процессы, происходящіе въ нихъ во время жизни.

Такой опытъ, производимый на живомъ животномъ, называется вивисекціей. Неоднократно поднимался вопросъ, имѣетъ-ли человѣкъ право на такія, иногда очень сильныя вторженія въ жизнь животнаго, которыя обыкновенно не могутъ быть произведены безъ боли для послѣдняго. Эти весьма серьезные вопросы не могутъ быть здѣсь всесторонне разсмотрѣны. Въ мое намѣреніе не входитъ возражать на многочисленныя, изобилующія заблужденіями и дѣлаемыя профанами описанія вивисекцій и чудовищныхъ истязаній, которымъ, будто бы, бѣдныя животныя подвергаются въ физіологическихъ институтахъ. Физіологи не такъ свирѣпы, какъ ихъ часто изображаютъ. Они уже въ силу своего точнаго знанія жизненныхъ явленій склонны видѣть и въ животныхъ чувствующія существа. Само собой разумѣется, что животныя передъ началомъ предполагаемой операціи усыпляются (наркотизируются), насколько это въ отдѣльныхъ случаяхъ не возбраняется цѣлями опыта. За исключеніемъ этихъ рѣдкихъ случаевъ, наркозъ, подавляя чувство боли, полезенъ также и тѣмъ, что дѣлаетъ опытъ свободнымъ отъ нарушеній, вызываемыхъ безпокойствомъ животнаго. Рѣшающее значеніе для насъ имѣетъ убѣж-

деніе, что вивисекціи необходимы для выясненія процессовъ, другимъ путемъ не могущихъ быть изслѣдованными. Цѣль подвинуть науку и найти средства для облегченія страданій и болѣзней вполнѣ оправдываетъ эти операціи. Ихъ польза для прогресса въ познаніи жизненныхъ явленій и для благоденствія человѣка убѣдительно доказывается исторіей науки. Почти нѣтъ ни одной главы въ физіологіи и патологіи человѣка, въ которой вивисекціонные опыты не приводили бы къ рѣшенію важныхъ задачъ; имъ обязано человѣчество своимъ огромнымъ тріумфомъ въ дѣлѣ борьбы съ болѣзнями и искусствѣ лѣченія ихъ.

ЧЕТВЕРТАЯ ГЛАВА.

Матерія и эфиръ.

1. Матерія. Разнообразіе впечатлѣній, производимыхъ на насъ предметами внѣшняго міра, въ концѣ концовъ можетъ быть сведено къ различію, обусловливаемому нашими органами чувствъ. Когда одно и то же явленіе дѣйствуетъ одновременно на многіе органы чувствъ, то часто одно изъ этихъ впечатлѣній бываетъ сильнѣе другихъ; поэтому оно особенно запечатлѣвается въ насъ. Такъ какъ только глубокое изслѣдованіе приводитъ къ познанію того, что эти впечатлѣнія обусловливаются съ одной стороны различнымъ устройствомъ органовъ чувствъ, съ другой свойствами предметовъ внѣшняго міра или характеромъ явленій, то нельзя удивляться, что первые опыты классифицированія явленій природы покоились исключительно на вызываемыхъ ими чувственныхъ впечатлѣніяхъ. Различали явленія свѣтовыя, звуковыя, тепловыя и т. д. Отсюда возникло представленіе, что существуетъ столько различныхъ веществъ, сколько извѣстно различныхъ дѣйствій, т. е. существуетъ свѣтовая, тепловая субстанція и т. д. Только много позднѣе появилось стремленіе изучить собственную природу явленій, независимо отъ ихъ дѣйствія на наши чувства и раздѣлить ихъ сообразно этому. Какъ далеко ушли мы въ этомъ анализѣ, выяснится изъ дальнѣйшаго изложенія.

При всѣхъ послѣдующихъ разсужденіяхъ мы выходимъ изъ предположенія, что, кромѣ чувствующаго и самосознающаго *я*, существуетъ еще нѣчто другое, воспринимаемое этимъ *я*. Это другое, воспринимаемое, мы называемъ внѣшнимъ міромъ, а то, изъ чего, повидимому, состоитъ послѣдній—матеріей *).

Матерія представляется намъ неравномѣрно распредѣленной въ пространствѣ. Мы получаемъ впечатлѣніе, какъ будто она находится на отдѣльныхъ «ограниченныхъ» мѣстахъ, отдѣленныхъ другъ отъ друга, повидимому, пустымъ пространствомъ. Эти отграниченныя количества матеріи мы называемъ тѣлами, мы приписываемъ имъ различныя свойства. Форма, величина, окраска, твердость и т. д. могутъ быть у различныхъ тѣлъ весьма различными и могутъ также быть измѣнены нами. Но одно свойство, согласно всѣмъ нашимъ наблюденіямъ, присуще всегда всѣмъ тѣламъ; мы называемъ его тяжестью. Тяжесть,

---

[1]) Вопросъ о томъ, существуетъ ли реально «внѣшній міръ», или же онъ существуетъ только въ нашемъ созерцаніи, мы должны оставить безъ обсужденія (ср. гл. 1, § 3). Наше единственное предположеніе состоитъ въ томъ, что этотъ внѣшній міръ, въ случаѣ его существованія, можетъ быть воспринятъ только при посредствѣ нашихъ чувствъ, такъ что онъ имѣетъ для насъ реальное существованіе настолько, насколько мы можетъ познать его нашими чувствами. Реальное существованіе кажется намъ, благодаря нашимъ впечатлѣніямъ, настолько необходимымъ, что даже философское убѣжденіе, что міръ существуетъ только въ нашемъ воззрѣніи, не могло уменьшить ощущенія его реальности. Мы будемъ въ послѣдующемъ говорить о внѣшнемъ мірѣ, какъ будто его реальное существованіе было несомнѣнно доказано. Яснымъ взглядомъ на отношеніе, существующее между внѣшнимъ міромъ и его созерцаніемъ, мы обязаны преимущественно Канту.

слѣдовательно, характерный признакъ всякой матеріи. Если мы примемъ во вниманіе также и другія свойства, то обнаружится, что должны существовать различные роды матеріи; ихъ мы въ отличіе называемъ веществами или субстанціями. Свинецъ другое вещество, чѣмъ стекло, но оба — матерія.

2. Давленіе. Если мы положимъ на руку кусокъ свинца, то мы получаемъ ощущеніе, называемое нами чувствомъ давленія. То же самое ощущеніе, конечно, не всегда въ одинаковой степени, вызывается также кускомъ мѣла, дерева или сосуда, наполненнаго водой. Если мы завяжемъ отверстіе широкаго стекляннаго сосуда тонкой резиновой перепонкой и положимъ на нее упомянутыя тѣла, то увидимъ, что перепонка выгнется книзу. Степень прогиба бываетъ различна, сильнѣе всего бываетъ она отъ тѣла, которое и при давленіи на кожу вызываетъ наибольшее чувство давленія. Эти и подобныя наблюденія мы объединяемъ въ положеніи, что тѣла производятъ давленіе на ихъ подставку. Если подкладка—чувствующая поверхность, въ родѣ нашей кожи, то мы воспринимаемъ давленіе ощущеніемъ, если это гибкая поверхность, въ родѣ каучуковой пластинки, то мы заключаемъ о давленіи по измѣненію вида послѣдней. Если мы наблюдаемъ подобное дѣйствіе при условіяхъ, не позволяющихъ при помощи ощущеній распознать присутствіе тяжелаго тѣла, то мы предполагаемъ, что, все-таки, должно быть что нибудь въ подобномъ родѣ. Если мы, напримѣръ, изъ стекляннаго сосуда, закрытаго резиновой пластинкой выкачаемъ воздухъ, то пластинка будетъ также вдавлена внутрь. Мы заключаемъ отсюда, что воздухъ — также тяжелое тѣло и что его давленіе только потому не было раньше замѣтно, что воздухъ, находившійся по обѣ стороны пластинки производилъ равное и противоположное давленіе, такъ что ихъ дѣйствіе на резиновую пластинку взаимно уничтожалось.

Какъ чувство давленія, такъ и степень вдавленія пластинки учатъ насъ тому, что не всѣ тѣла производятъ одинаковое давленіе. Но точное измѣреніе этими способами невозможно. Для производства его мы пользуемся вѣсами. Если мы заставимъ два тѣла дѣйствовать на оба конца равноплечаго коромысла и найдемъ, что они уравновѣшиваютъ другъ друга, то мы называемъ эти тѣла одинаково тяжелыми. Подобнаго рода опыты учатъ, что тяжесть, или, какъ мы говоримъ также, вѣсъ тѣлъ зависитъ отъ двухъ условій: 1) отъ ихъ размѣровъ; изъ двухъ тѣлъ, подобныхъ другъ другу въ остальныхъ свойствахъ, то, которое имѣетъ большій объемъ, будетъ также всегда тяжелѣе; 2) отъ природы тѣла; два тѣла одинаковаго объема могутъ, однако, имѣть весьма различный вѣсъ. Одинъ кубическій дециметръ свинца тяжелѣе, чѣмъ одинъ кубическій дециметръ дерева.

Для численнаго обозначенія тяжести или вѣса тѣлъ мы пользуемся, какъ единицей мѣры, вѣсомъ одного кубическаго сантиметра воды при $+ 4^{\circ}$ С. Этотъ вѣсъ названъ 1 граммомъ *).

3. Масса. Но тяжесть или вѣсъ тѣла не представляетъ какой-либо абсолютной неизмѣнной величины. Она зависитъ, кромѣ свойствъ самихъ тѣлъ, еще отъ чего-то другого. Если мы длинную спиральную пружину изъ стальной проволоки прочно укрѣпимъ на верхнемъ концѣ, а къ нижнему концу подвѣсимъ свинцовый шарикъ, то спираль, сообразно вѣсу шарика, удлинится на извѣстную величину. Если будемъ вѣшать послѣдовательно на эту спираль одинъ, два, три и т. д. равныхъ шарика, то найдемъ, что удлиненія стоятъ въ опредѣленномъ закономѣрномъ отношеніи къ вѣсу. Мы можемъ поэтому пользоваться такимъ инструментомъ для взвѣшиванія и назовемъ его пружинными вѣсами. Если мы повѣсимъ свинцовый шарикъ на подобные пружинные вѣсы и съ этимъ инструментомъ взойдемъ на высокую башню, то найдемъ, что пружина отъ свинцоваго шарика удлинилась на верху башни на меньшую величину, чѣмъ у подошвы ея. Свинцовый шарикъ остался такимъ же,

*) Граммъ (грм.), какъ мы видѣли въ гл. 3, § 6, выражаетъ единицу мѣры для массы. Объ отношеніи своихъ понятій «масса» и «вѣсъ» и объ основаніи, почему мы единицей массы можемъ пользоваться и какъ единицей вѣса, ср. слѣдующій параграфъ.

единственно что измѣнилось, это его разстояніе отъ земли *). Мы узнаемъ отсюда, что то, что мы назвали тяжестью свинцоваго шарика, должно быть отнесено къ взаимодѣйствію между нимъ и землею. Свинцовые шарики различной величины въ этомъ отношеніи дѣйствуютъ различно, равно какъ и свинцовые и деревянные шарики одинаковаго объема. Такимъ образомъ, вещество и объемъ тѣлъ два фактора дѣйствія; третій факторъ находится въ зависимости отъ положенія тѣлъ въ отношеніи земли. Мы заключаемъ изъ этихъ наблюденій, что отъ вѣса тѣлъ нужно отличать нѣчто другое, что принадлежитъ имъ независимо отъ ихъ положенія. Это другое мы называемъ массой. Масса свинцоваго шарика остается постоянно одной и той же; но ея давленіе или, какъ мы теперь назвали, ея вѣсъ, зависитъ прежде всего отъ ея массы, во вторыхъ—отъ массы земли и въ третьихъ отъ взаимнаго отстоянія этихъ обѣихъ массъ.

Когда двѣ равныя массы находятся въ одинаковомъ положеніи по отношенію къ землѣ, то и ихъ вѣса равны. Когда ихъ массы неравны, тогда ихъ вѣса относятся какъ массы, тѣ же самыя числа, которыя выражаютъ массы въ граммахъ, выражаютъ, слѣдовательно, и ихъ вѣса (при опредѣленномъ положеніи въ отношеніи земли). Когда двѣ равныя массы лежатъ на чашкахъ вѣсовъ, то онѣ находятся въ одномъ и томъ же разстояніи отъ центра земли; онѣ дѣйствуютъ, слѣдовательно, одинаковымъ образомъ на оба плеча коромысла вѣсовъ, равновѣсіе послѣднихъ не нарушается. Отсюда ясно, какъ можно посредствомъ вѣсовъ опредѣлять массы или вѣсъ тѣлъ **).

---

*) Такъ какъ земля, а равно и свинцовый шарикъ имѣютъ извѣстное протяженіе, то должно разсматривать разстояніе другъ отъ друга ихъ срединныхъ точекъ, причемъ земля тоже разсматривается какъ шаръ. У тѣлъ другого вида вмѣсто геометрической средней точки берутъ такъ называемый центръ тяжести. Такъ какъ земля на самомъ дѣлѣ не шаръ, а сплющенный эллипсоидъ, то тѣло, находящееся на поверхности земли у полюса, ближе къ срединной точкѣ ея, чѣмъ у экватора. Если мы одно и тоже тѣло взвѣсимъ одними и тѣми же пружинными вѣсами одинъ разъ у экватора, другой разъ у полюса, то въ послѣднемъ случаѣ спиральная пружина сильнѣе растянется; слѣдовательно, тѣло стало какъ будто *тяжелѣе*. На вѣсахъ съ коромыслами не такъ легко дать доказательство вліянія разстоянія отъ центра земли. Это, однако, удалось физику *Жолли* слѣдующимъ образомъ. Онъ установилъ точные вѣсы на высотѣ $5^1/_2$ метровъ отъ пола комнаты. На каждомъ концѣ коромысла были повѣшены другъ надъ другомъ двѣ вѣсовыя чашки, вертикальное разстояніе ихъ было нѣсколько больше 5 метр. Двѣ тяжести были положены на верхнія чашки вѣсовъ и точно приведены въ равновѣсіе. Если затѣмъ одну тяжесть перемѣстить на нижнюю чашку вѣсовъ, то она оказывалась тяжелѣе; требовалось положить небольшой привѣсъ на другую чашку вѣсовъ, чтобы снова возстановить равновѣсіе. Дѣйствіе, производимое землею въ каждомъ мѣстѣ ея на единицу массы, называютъ *постоянной притяженія* даннаго мѣста. Отъ нея зависитъ также та величина $a=4{,}9$, съ которой мы познакомились въ гл. 3, § 8 при формулѣ для закона паденія.

**) Какъ уже упомянуто въ предшествующей главѣ, многочисленныя наблюденія привели къ одной изъ величайшихъ индукцій, оказавшейся справедливой во всѣхъ своихъ заключеніяхъ и теперь извѣстной подъ именемъ *закона тяготѣнія Ньютона*. Онъ гласитъ, что всѣ тѣла притягиваютъ другъ друга пропорціонально ихъ массѣ и обратно пропорціонально квадрату ихъ разстоянія. Явленія тяжести и обусловливаемаго имъ давленія только отдѣльные случаи этого общаго закона.

Многіе отдѣльные законы дѣйствія массъ другъ на друга, напримѣръ, законы свободнаго паденія, законы маятника, законы движенія небесныхъ тѣлъ и т. д. могутъ быть выведены дедуктивнымъ путемъ изъ закона тяготѣнія.

Находили затрудненіе въ томъ, что тѣла дѣйствуютъ другъ на друга, не соприкасаясь и не имѣя никакого матеріальнаго агента между собою. Затрудненіе метафизическое, но не естественно-научное. Законъ тяготѣнія не имѣетъ цѣлью *объяснить*, какъ происходитъ дѣйствіе тѣлъ другъ на друга. Онъ только высказываетъ, какая законность имѣетъ мѣсто при этомъ дѣйствіи. Какое бы ни было метафизическое основаніе этого «притяженія», законъ, который не болѣе, какъ точное выраженіе фактовъ, остается незатронутымъ этими метафизическими соображеніями. Всѣ слѣдствія, вычисленныя изъ закона, согласуются съ наблюденіями. Этого достаточно, чтобы признать законъ правильнымъ (ср. гл. 2, § 10).

4. Дѣлимость матеріи. Разсмотримъ какое-нибудь тѣло любой формы, напримѣръ, кусокъ стекла, какъ онъ получается изъ горна. Пусть онъ вѣситъ 1 килограммъ. Слѣдовательно, онъ представляетъ опредѣленную массу матеріи. Мы разбиваемъ его съ помощью молотка, заботясь о томъ, чтобы ничто не потерялось изъ большихъ и малыхъ осколковъ. Всѣ они, собранные вмѣстѣ, вѣсятъ столько же, какъ и раньше, 1 килограммъ. Одинъ изъ этихъ обломковъ, вѣсомъ въ 10 грм., мы размельчимъ въ ступкѣ еще больше. Мы получаемъ, такимъ образомъ, мелкій порошокъ, отдѣльныя частицы котораго почти невозможно видѣть простымъ глазомъ. Разсматриваемыя подъ микроскопомъ онѣ представляются въ видѣ угловатыхъ осколковъ, которые по виду и въ остальномъ похожи на большіе куски стекла. Каждая изъ этихъ частичекъ, слѣдовательно, все еще стекло. Достаточно тонкими вѣсами мы могли бы опредѣлить вѣсъ каждой такой частички, положимъ, она вѣсила бы какую-нибудь дробную часть миллиграмма, скажемъ $^1/_{10}$ мгрм. Если-бы всѣ, полученныя при раздробленіи, частички, были равны между собою, то въ стеклянномъ обломкѣ, вѣсящемъ 10 грм., такихъ частичекъ содержалось бы 100 000 (10^5). И если-бы весь кусокъ былъ раздѣленъ на такія равныя частички, то въ немъ ихъ оказалось бы 10 000 000 (10^7).

Возьмемъ, вмѣсто куска стекла, кучу песка. Послѣдняя можетъ быть раздѣлена легче стекла, по меньшей мѣрѣ, на столько частей, сколько она содержитъ песчинокъ. Число ихъ можетъ быть очень велико, но всегда оно — конечное число. Если бы у насъ было время и терпѣніе, мы могли бы ихъ сосчитать. Если дѣло идетъ не объ абсолютной точности, то исчисленіе даже легко осуществимо. Вся куча вѣситъ 1 килограммъ. Мы отвѣшиваемъ отъ нея небольшую часть, скажемъ 1 граммъ. Въ ней мы считаемъ число песчинокъ и находимъ его $= n$. Вся куча, слѣдовательно, содержитъ ихъ 1000 n.

Мы пока примемъ, что нѣтъ способа раздѣлить дальше отдѣльныя песчинки. Какъ же теперь со стекломъ? Достигаемъ ли мы при дробленіи послѣдняго тоже до опредѣленнаго предѣла, дальше котораго дѣленіе не можетъ быть производимо, или же мы должны принять, что оно можетъ быть продолжаемо до безконечности?

Путемъ наблюденія мы не можемъ получить на этотъ вопросъ никакого прямого отвѣта. Мы должны, слѣдовательно, установить окольнымъ путемъ, какъ намъ нужно къ нему отнестись.

Когда мы всовываемъ тонкую проволоку въ кучу песка, то встрѣчаемъ только небольшое сопротивленіе. Между песчинками находится пространство, заполненное воздухомъ; въ него и проникаетъ проволока. Въ кусокъ стекла мы не можемъ воткнуть проволоки, даже самой тончайшей. Но изъ этого мы можемъ только заключить, что если стекло состоитъ изъ отдѣльныхъ частичекъ, аналогичныхъ песчинкамъ, то пространства между ними должны быть меньше чѣмъ толщина тончайшей изъ находящихся въ нашемъ распоряженіи проволокъ. И попытка проникнуть въ промежутки между песчинками песка не удалась бы, если бы мы захотѣли сдѣлать ее не съ тонкой проволокой, а съ палкой въ нѣсколько сантиметровъ толщиною.

Отсюда вытекаетъ необходимость найти что нибудь настолько тонкое, что оно могло бы проникнуть въ промежутки стекла, если таковые существуютъ. Такое нѣчто это—свѣтовой лучъ. Хотя мы не знаемъ, что онъ такое, однако, мы можемъ установить, что онъ долженъ имѣть толщину, хотя бы и незначительную. Такъ какъ свѣтъ проходитъ черезъ стекло, то это, повидимому, говоритъ за то, что между частицами стекла существуютъ промежутки.

Это заключеніе подкрѣпляется слѣдующимъ разсужденіемъ. Если подвергнуть стекло сильному давленію, то оно сжимается. Если стекло состоитъ изъ отдѣльныхъ частичекъ, то мы можемъ предположить, что въ направленіи сжатія пространства между частичками сдѣлались меньше, чѣмъ въ направленіи, перпендикулярномъ къ нему. Въ такомъ случаѣ обнаружится, что прохожденіе свѣта въ одномъ направленіи произойдетъ иначе, чѣмъ въ другомъ. Такъ оно и есть на самомъ дѣлѣ *).

*) Обыкновенный свѣтовой лучъ можно сравнить съ цилиндрической палкой; во всѣхъ направленіяхъ онъ имѣетъ одинаковую толщину. Но существуютъ свѣтовые лучи (ихъ

5. Матерія состоитъ изъ отдѣльныхъ частичекъ. Обратимся къ другому тѣлу, къ водѣ. Бросимъ въ сосудъ съ водой большой кусокъ сахара. Сахаръ распадается и, какъ говорятъ, растворяется въ водѣ. Размѣшаемъ стеклянной палочкой и перенесемъ одну каплю такой равномѣрно перемѣшанной жидкости на стеклянную пластинку. Капля кажется совершенно однородной. Однако, она должна состоять изъ тѣсной смѣси воды и сахара. За это говоритъ уже ея сладкій вкусъ. Если мы предоставимъ каплѣ испариться на стеклянной пластинкѣ, то останется осадокъ изъ маленькихъ сахарныхъ частичекъ. Когда сахаръ и вода находились въ каплѣ тѣсно смѣшанными, то частички сахара должны были проникнуть между частицами воды. И сахаръ и вода, слѣдовательно, должны состоять изъ отдѣльныхъ частичекъ.

Въ большую склянку, вмѣстимостью въ нѣсколько литровъ, нальемъ немного воды и закроемъ ее. Часть воды испаряется и наполняетъ склянку своими парами. Количество воды, переходящей въ газообразную форму, представляется совершенно опредѣленнымъ для каждой температуры; остатокъ воды продолжаетъ находиться неизмѣненнымъ на днѣ. Мы дѣлаемъ такой же опытъ со спиртомъ вмѣсто воды. И здѣсь совершенно опредѣленное количество его переходитъ въ парообразное состояніе. Въ третьемъ опытѣ съ эфиромъ, результатъ получается тотъ же самый.

Мы имѣемъ, такимъ образомъ, три склянки. Одна содержитъ водяной паръ, другая спиртный, третья эфирный. Каждый изъ этихъ паровъ совершенно наполняетъ склянку, больше она вмѣстить не можетъ, какъ мы ясно видимъ это изъ того, что остатки жидкостей продолжаютъ находиться на днѣ, не испаряясь больше. Теперь мы возьмемъ четвертую склянку и внесемъ въ нее воды, спирта и эфира, каждаго вещества по одной каплѣ. Если мы затѣмъ изслѣдуемъ содержимое этой склянки, то найдемъ, что всѣ три рода паровъ наполняютъ ее и каждый въ такомъ количествѣ, какъ если бы онъ находился только одинъ. Слѣдовательно, пространство, заполненное водяными парами и не могущее больше вмѣстить его, можетъ, однако, вмѣстить еще пары спирта и эфира. Если бы водяной паръ безъ остатка заполнялъ пространство, то было бы непостижимо, какъ въ томъ же самомъ пространствѣ могли найти себѣ мѣсто два другихъ пара. Если мы еще примемъ въ соображеніе, что склянки содержатъ еще воздухъ, т. е. смѣсь двухъ газовъ, кислорода и азота, то придемъ къ заключенію, что газы и пары *) свободно проникаютъ другъ друга. Это было бы невозможно, если бы газы или пары заполняли занимаемое ими пространство безъ остатка. Но легко будетъ понять, если мы примемъ, что они состоятъ изъ отдѣльныхъ частичекъ съ промежутками (пустыми пространствами) между ними.

Такое разсужденіе примѣнимо также и къ растворенію сахара въ водѣ. Если бы вода занимаемое ею пространство заполняла безъ остатка, то было бы непонятно, какъ могли распредѣлиться въ томъ же пространствѣ частички сахара.

6. Предѣлъ дѣлимости. Извѣстно всѣмъ, что вода, въ которой растворено мыло, обладаетъ большою вязкостью, почему она и пригодна для выдуванія мыльныхъ пузырей.

называютъ поляризованными), толщина которыхъ въ одномъ направленіи больше, чѣмъ въ другомъ, къ нему перпендикулярномъ; слѣдовательно, ихъ можно сравнить съ тонкими пластинками или клинкомъ ножа. Такой поляризованный лучъ проходитъ черезъ обыкновенное стекло одинаково хорошо по всѣмъ направленіямъ. Но если сильно сдавить стекло въ одномъ направленіи, то поляризованный лучъ проходитъ въ этомъ направленіи хуже, чѣмъ въ перпендикулярномъ къ нему.

Очень поучительно слѣдующее видоизмѣненіе этого опыта. Заставляютъ поляризованный свѣтъ проходить черезъ стеклянную полоску и приводятъ послѣднюю въ звучащія (такъ называемыя продольныя) колебанія. Благодаря этому, въ стеклѣ образуются въ правильныхъ разстояніяхъ мѣста уплотненія и разрѣженія. Соотвѣтственно этому и прохожденіе свѣта въ этихъ мѣстахъ различно.

*) Относительно понятій о газѣ и парѣ ср. гл. 6.

Если еще прибавить нѣсколько глицерина, то могутъ быть выдуты очень большіе пузыри съ соотвѣтственно очень незначительною толщиною стѣнокъ. Если погрузить въ такую воду, находящуюся въ плоской чашкѣ, стеклянный стаканъ отверстіемъ книзу, то, вынувъ стаканъ, мы увидимъ на немъ тонкую водяную пленку, закрывающую отверстіе въ видѣ пузыря. Если держать стаканъ такъ, чтобы покрывающая его пленка стояла вертикально, и заставить падать на нее яркій свѣтъ, то пленка, какъ это наблюдается и на стѣнкахъ мыльнаго пузыря, отливаетъ нѣжными красками. Эта окраска даетъ способъ вычислить толщину оболочки. Такъ какъ вода въ силу своей тяжести стекаетъ книзу, то вертикально стоящая пленка въ верхней части постоянно дѣлается тоньше, пока, наконецъ, не разорвется. Прежде чѣмъ произойдетъ разрывъ, верхняя часть ея представляется черной или сѣрой. Вычислено, что толщина ея тогда должна быть меньше, чѣмъ 0,000166 мм. Тоньше повидимому пленка не можетъ быть безъ того, чтобъ не разорваться.

Къ этому простому опыту могутъ быть присоединены слѣдующія разсужденія. Если бы вода была однороднымъ веществомъ, можно было бы себѣ представить, что она будетъ растягиваться до безконечной тонкости. Но если она состоитъ изъ мельчайшихъ частичекъ, находящихся на опредѣленныхъ разстояніяхъ другъ отъ друга, то какъ скоро эти частички вслѣдствіе своей тяжести будутъ отдалены другъ отъ друга на большее разстояніе, чѣмъ соотвѣтствуетъ нормальному, связь должна быть прервана, и водная оболочка разорвана. Такъ какъ разрывъ всегда происходитъ тогда, когда толщина перепонки падаетъ ниже совершенно опредѣленной, хотя очень малой, но всегда еще конечной и измѣримой величины, то можно думать, что при этой толщинѣ достигается предѣлъ, дальше котораго въ жидкой водѣ не могутъ быть больше отдаляемы другъ отъ друга гипотетическія частицы.

7. Объемныя и аггрегатныя измѣненія тѣлъ. Къ такимъ же заключеніямъ приводятъ явленія, обнаруживаемыя тѣлами подъ вліяніемъ измѣненій давленія или температуры; это будутъ измѣненія объема и аггрегатнаго состоянія. Когда вода при давленіи одной атмосферы переходитъ изъ жидкаго въ газообразное или парообразное состояніе, ея объемъ увеличивается въ отношеніи 1 : 1700. Газы или пары не имѣютъ вообще постояннаго объема, послѣдній состоитъ въ законной зависимости отъ давленія, подъ которымъ они находятся. Объ этомъ рѣчь будетъ позже. Предварительно достаточно указать, что и эти явленія дѣлаются понятными, если принять, что тѣла состоятъ изъ мельчайшихъ частичекъ и что измѣненія объема происходятъ тогда, когда измѣняется среднее отстояніе этихъ частичекъ. Эта гипотеза даетъ также удовлетворительное представленіе о различіяхъ аггрегатнаго состоянія. Мы можемъ себѣ представить, что въ твердыхъ тѣлахъ разстоянія и положенія гипотетическихъ частичекъ въ отношеніи другъ друга опредѣленны и относительно мало измѣняемы внѣшними силами. Въ жидкихъ тѣлахъ, хотя разстоянія частичекъ и опредѣленны и измѣнчивы только въ узкихъ предѣлахъ, но частички, при сохраненіи этихъ разстояній, очень легко подвижны другъ около друга. Въ газообразныхъ тѣлахъ, наконецъ, какъ разстояніе такъ и положеніе частичекъ въ отношеніи другъ къ другу въ высокой степени зависимы отъ внѣшнихъ условій, а потому очень измѣнчивы.

При этихъ условіяхъ мы имѣемъ право разсматривать предположеніе, что вся матерія состоитъ изъ отдѣльныхъ частичекъ, раздѣленныхъ пустыми пространствами *) за правдоподобную гипотезу, которая должна лечь въ основу дальнѣйшаго изслѣдованія. Она оказывается очень цѣнной, такъ какъ въ состояніи самымъ простымъ образомъ сдѣлать наглядными большое число явленій природы.

Мы называемъ эти гипотетическія частички молекулами. Такъ какъ существуютъ различныя вещества, отличающіяся другъ отъ друга свойствами, то должно существовать

*) Ниже мы разсмотримъ еще вопросъ о томъ, дѣйствительно ли эти пространства пусты, или же мы должны представить себѣ ихъ наполненными чѣмъ нибудь другимъ, что не есть матерія, или же особымъ родомъ матеріи. (Ср. § 16 и 17).

столько же молекулъ, различныхъ по своему характеру. Молекулы одной и той же, гомогенной или однородной субстанціи должны быть подобны между собою. Если тѣло состоитъ изъ молекулъ различнаго рода, то оно—смѣсь разнородныхъ веществъ.

Однородное вещество, состоящее изъ совершенно подобныхъ молекулъ, можетъ однако мѣнять свой внѣшній видъ смотря по положенію, разстоянію, состоянію движенія молекулъ. Вода, какъ извѣстно, можетъ встрѣчаться въ трехъ состояніяхъ аггрегаціи; не смотря на это, мы можемъ припять, что молекулы во всѣхъ этихъ состояніяхъ имѣютъ совершенно одинаковыя свойства. Если бы онѣ измѣнились, онѣ не были бы молекулами воды. Равнымъ образомъ и молекулы стекла имѣютъ свои опредѣленныя свойства, которыми онѣ отличаются отъ всѣхъ другихъ. Мы можемъ поэтому сказать также, что молекулы—мельчайшія частички вещества, которымъ еще присущи всѣ свойства самого вещества; гомогенное вещество не что иное, ккк сумма всѣхъ его, между собою сходныхъ молекулъ.

8. Двоякій характеръ явленій природы. Если мы всѣ извѣстные намъ роды явленій природы подвергнемъ изслѣдованію, то обнаружится, что часть ихъ можетъ быть объяснена при предположеніи, что гипотетическія молекулы остаются неизмѣненными по своему составу, измѣняется только ихъ положеніе въ пространствѣ. При этомъ или взаимное положеніе молекулъ, составляющихъ тѣло, остается неизмѣненнымъ; только тѣла, какъ цѣлое, мѣняютъ свое мѣсто на землѣ или въ міровомъ пространствѣ. Сюда принадлежатъ всѣ явленія, относящіяся къ области примѣненія закона тяготѣнія, движенія свѣтилъ, паденіе тѣлъ и тому подобное. Или же молекулы одного или многихъ тѣлъ мѣняютъ свое взаимное положеніе, при чемъ сами молекулы остаются неизмѣненными. Сюда принадлежатъ явленія упругости, измѣненія объема при колебаніяхъ температуры и давленія, раствореніе и т. д. Въ противоположность этому въ другомъ рядѣ явленій измѣняются свойства самихъ веществъ, на мѣсто извѣстныхъ, хорошо опредѣленныхъ тѣлъ появляются другія съ совершенно иными свойствами. Если мы смѣшаемъ сѣру и желѣзо, оба въ тонко измельченномъ состояніи, другъ съ другомъ, то оба вполнѣ удерживаютъ всѣ свои свойства. Съ помощью микроскопа мы можемъ еще отличить въ смѣси отдѣльныя частички сѣры и желѣза; при посредствѣ магнита, притягивающаго частички желѣза и не оказывающаго замѣтнаго дѣйствія на сѣру, мы можемъ снова ихъ отдѣлить другъ отъ друга. Но если мы смѣсь сѣры и желѣза будемъ нагрѣвать въ одномъ мѣстѣ, то масса сильно раскалится. По охлажденіи; вмѣсто прежняго порошка мы найдемъ твердую, блестящую массу; эта масса—ни сѣра, ни желѣзо, но другое вещество съ совершенно иными свойствами, называемое нами сѣрнистымъ желѣзомъ.

9. Соединеніе и разложеніе веществъ. Мы говоримъ, что въ этомъ случаѣ вещества, желѣзо и сѣра, соединились другъ съ другомъ и что вслѣдствіе этого соединенія возникло новое вещество, сѣрнистое желѣзо. Послѣднее совершенно однородно, всѣ его части имѣютъ совершенно одинаковыя свойства и если оно состоитъ изъ молекулъ, то это могутъ быть только молекулы сѣрнистаго желѣза. Однако, мы должны принять, что въ этихъ молекулахъ содержится какъ желѣзо, такъ и сѣра, что онѣ, слѣдовательно, должны быть сложны и могутъ быть разложены на свои составныя части.

Разсмотримъ другой примѣръ: наполнимъ сосудъ водой, къ которой прибавлено немного сѣрной кислоты; въ сосудѣ находятся двѣ платиновыя пластинки, соединенныя мѣдными проволоками съ полюсами сильной электрической батареи. Пропустимъ черезъ воду электрическій токъ. Мы видимъ, что платиновыя пластинки покрываются пузырьками газа, срывающимися и собирающимися надъ поверхностью воды. Если мы надъ обѣими пластинками помѣстимъ по трубкѣ, наполненной водой, то мы можемъ раздѣльно собрать газы. Изслѣдованіе ихъ показываетъ, что одинъ изъ нихъ кислородъ, другой водородъ со всѣми тѣми, присущими имъ свойствами, которыя они обнаруживаютъ и при другихъ спо-

собахъ ихъ полученія. Смѣшаемъ оба эти газа и, послѣ тщательнаго высушиванія, впустимъ въ сухую трубку, наполненную ртутью. Пропустимъ электрическую искру черезъ эту смѣсь газовъ. Происходитъ небольшой взрывъ; послѣ него газы исчезли, вмѣсто нихъ мы находимъ въ трубкѣ небольшое количество воды.

Здѣсь мы имѣемъ, слѣдовательно, два противоположныхъ другъ другу явленія. Во второмъ отъ соединенія водорода съ кислородомъ образовалась вода; этотъ процессъ, слѣдовательно, совершенно аналогиченъ образованію сѣрнистаго желѣза изъ сѣры и желѣза. Въ первомъ, напротивъ, вода была разложена на свои составныя части, водородъ и кислородъ *).

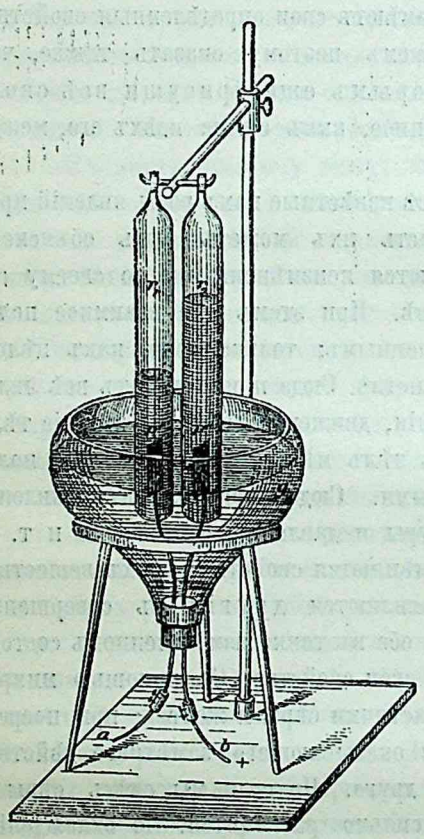


Рис. 1.

Разложеніе воды электрическимъ токомъ. Проволоки a и b соединены съ полюсами электрической баттареи, a съ отрицательнымъ (катодъ), b съ положительнымъ (анодъ). Отходящія отъ a и b проволоки изолированы сургучной покрышкой, соединенныя съ ними платиновыя пластинки p' и p'' ничѣмъ не покрыты. Сосудъ g и трубки r_1 и r_2 наполнены подкисленной водой. Въ r_1 собирается водородъ, въ r_2 кислородъ.

Мы могли бы произвести еще много такихъ опытовъ. Всѣ они учили бы насъ одному и тому-же; именно, что существуютъ вещества, при извѣстныхъ условіяхъ соединяющіяся другъ съ другомъ; образовавшееся вслѣдствіе соединенія новое вещество обладаетъ совершенно другими свойствами, чѣмъ тѣ компоненты, изъ которыхъ оно произошло. Другія вещества могутъ быть разложены на два или болѣе веществъ, обладающихъ снова иными свойствами, чѣмъ то, изъ разложенія котораго они произошли. Существуетъ однако и рядъ веществъ, которыя никакими, до сихъ поръ извѣстными средствами, не могли быть разложены. Ихъ называютъ элементами или простыми тѣлами. Такими элементами будутъ встрѣчающіяся въ нашихъ опытахъ вещества—желѣзо, сѣра, кислородъ, водородъ. Изученіемъ свойствъ элементовъ и ихъ соединеній, методовъ, служащихъ какъ для разложенія послѣднихъ, такъ и для образованія изъ простыхъ составныхъ частей сложныхъ тѣлъ, занимается химія; въ то время какъ явленія, при которыхъ составъ молекулъ остается неизмѣннымъ, относятся къ области физики.

10. Атомы. Извѣстно до ихъ поръ около семидесяти элементовъ, изъ которыхъ нѣкоторые, встрѣчающіеся въ очень небольшомъ количествѣ, открыты только въ новое время, частью только въ послѣдніе годы. Нѣкоторые изъ этихъ элементовъ были найдены въ природѣ въ свободномъ состояніи, т. е. не соединенными съ другими. Но большое число находящихся въ природѣ веществъ состоитъ изъ соединенія элементовъ. Кромѣ того, большое число хорошо извѣстныхъ соединеній элементовъ, соединеній, не встрѣчаемыхъ въ природѣ, добыто искусственнымъ путемъ, въ лабораторіяхъ и на фабрикахъ. Число возможныхъ комбинацій изъ взаимнаго сочетанія нынѣ извѣстныхъ элементовъ чрезвычайно велико и множество химиковъ постоянно работаетъ съ цѣлью полученія новыхъ соединеній, побуждаемые частью научными интересами, частью съ сознательною цѣлью обогатить технику или медицину новыми неизвѣстными веществами.

*) Вода, дѣйствительно, состоитъ только изъ этихъ двухъ составныхъ частей. Прибавленная въ опытѣ сѣрная кислота служитъ только для того, чтобы увеличить способность воды проводить электричество.

Само собой понятно, что молекулы тѣхъ тѣлъ, которыя представляютъ соединенія элементовъ, должны быть сложны, такъ какъ онѣ могутъ быть еще разложены дальше. Но если молекулы подобнаго сложнаго тѣла, напримѣръ, стекла или воды, разложить, то уже нѣтъ болѣе ни стекла, ни воды, а появились совершенно другія вещества. Разложеніе молекулъ механическими средствами, конечно, не можетъ быть достигнуто; ими, въ самомъ крайнемъ случаѣ, вещество можетъ быть растянуто въ слой распредѣленныхъ по плоскости, отдѣльныхъ молекулъ, какъ это по всѣмъ вѣроятіямъ происходитъ въ тонкихъ водяныхъ пленкахъ въ опытѣ, описанномъ въ § 6. Но, конечно, при посредствѣ другихъ физическихъ воздѣйствій, какъ повышеніе температуры, электрическій токъ и т. д. происходитъ дѣйствительное разложеніе молекулъ. Явленія этого рода образуютъ предметъ особой науки, называемой физической химіей. Но самое дѣйствительное средство для разложенія—это взаимное дѣйствіе различныхъ тѣлъ другъ на друга, причемъ вступаетъ въ силу такъ называемое химическое сродство. Процессы этого рода образуютъ содержаніе химіи въ болѣе узкомъ смыслѣ.

Болѣе мелкія части, изъ которыхъ, слѣдовательно, должны состоять молекулы сложныхъ веществъ, мы называемъ атомами. Если сѣрнистое желѣзо — соединеніе сѣры и желѣза, то каждая молекула его необходимо должна состоять изъ этихъ элементовъ, должна, слѣдовательно, содержать атомы желѣза и сѣры, рядомъ другъ съ другомъ. Равнымъ образомъ каждая молекула воды должна заключать атомы кислорода и водорода. Тоже должно быть во всѣхъ сложныхъ тѣлахъ. Напротивъ, можно поставить вопросъ, сложны ли молекулы простыхъ веществъ, т е. такихъ, которые не могутъ быть разложены на простѣйшія никакими изъ извѣстныхъ способовъ, слѣдовательно, молекулы элементовъ. Если онѣ сложны, то атомы, составляющіе ихъ молекулы, одного рода, т. е. молекула кислорода состоитъ изъ атомовъ кислорода, молекула водорода изъ атомовъ водорода и т. д. Въ противномъ случаѣ молекула должна бы была быть простой, далѣе недѣлимой; для такихъ случаевъ понятіе молекула и атомъ были бы тожественны.

Химія, на основаніи своихъ наблюденій, пришла къ заключенію, что и молекулы элементовъ состоятъ, обыкновенно, изъ нѣсколькихъ атомовъ, по большей части, изъ двухъ; напримѣръ, молекула водорода изъ двухъ атомовъ водорода. Существуютъ также элементы, молекулы которыхъ должны быть построены болѣе чѣмъ изъ двухъ атомовъ, и другіе, атомы которыхъ существуютъ сами по себѣ или, какъ мы можемъ также сказать, молекулы которыхъ состоятъ только изъ одного атома. Съ примѣрами этого рода и основаніями, имѣющимися для такого представленія, мы будемъ имѣть случай познакомиться позже. Мы узнаемъ также, что молекулы соединеній могутъ состоять, при случаѣ, изъ очень большого числа атомовъ. Существуютъ соединенія, состоящія изъ 4-хъ, 5-ти или болѣе элементовъ, и относительно которыхъ мы имѣемъ надлежащія основанія думать, что въ нихъ многіе атомы каждаго изъ этихъ элементовъ соединены въ одной молекулѣ. Мы не въ состояніи привести высшую границу для числа атомовъ, могущихъ еще совмѣстно образовать молекулу. Мы знаемъ вещества, для которыхъ вѣроятно, что ихъ молекулы состоятъ изъ сотенъ, даже тысячъ атомовъ.

Мельчайшія частички вещества, называемыя нами атомами, обладаютъ неизмѣнными свойствами, которыми онѣ отличаются отъ другихъ, иными свойствами одаренныхъ атомовъ. Кислородный атомъ имѣетъ другія свойства, чѣмъ водородный, атомъ сѣры иныя, чѣмъ атомъ желѣза и т. д. Атомы образуютъ другъ съ другомъ разнообразныя соединенія, но какъ скоро они выдѣлены изъ него, всѣ они получаютъ снова свойства, присущія имъ до образованія соединенія. Еще ни разу не удалось какой-либо элементъ превратить въ другой. Кислородъ всегда остается кислородомъ, желѣзо—желѣзомъ. Мы имѣемъ основаніе принимать, что такъ было всегда и раньше и такъ будетъ всегда и впредь.

Химики путемъ весьма тщательныхъ изслѣдованій, постоянно повторяемыхъ съ лучшими

способами, показали далѣе, что элементы соединяются другъ съ другомъ не въ любыхъ, но совершенно опредѣленныхъ вѣсовыхъ отношеніяхъ. Оставаясь въ предѣлахъ уже разсмотрѣнныхъ нами примѣровъ, укажемъ, что $3^1/_2$ грм. желѣза и 2 грм. сѣры соединяются другъ съ другомъ, образуя $5^1/_2$ грм. сѣрнистаго желѣза; 8 грм. кислорода и 1 грм. водорода соединяются съ образованіемъ 9 грм. воды. Если смѣшать другъ съ другомъ элементы, могущіе вступать въ химическое соединеніе, въ другихъ отношеніяхъ, чѣмъ тѣ, которыя единственно только подходятъ для даннаго случая и поставить эту смѣсь въ условія, при которыхъ можетъ произойти соединеніе, то изъ элемента, взятаго въ избыткѣ, останется соотвѣтственная часть несоединенной.

11. Неизмѣняемость массъ. Изъ приведенныхъ примѣровъ вытекаетъ, что масса, входящая въ составъ соединенія, совершенно равна суммѣ массъ, изъ которыхъ оно произошло. Если разложить воду и собрать выдѣляющіеся при этомъ газы, то получаютъ для каждаго грамма разложенной воды $^8/_9$ грм. кислорода и $^1/_9$ грм. водорода. Сумма массъ составныхъ частей равна, слѣдовательно, массѣ соединенія, изъ котораго онѣ выдѣлены.

Какъ ни разнообразны разложенія, произведенныя химиками въ ихъ лабораторіяхъ и ежедневно снова производимыя, всегда обнаруживается то же самое. Съ тѣхъ поръ, какъ Лавуазье (1743—1794) впервые, путемъ точныхъ взвѣшиваній, доказалъ, что при химическихъ явленіяхъ вѣсъ матеріи остается неизмѣннымъ, были изслѣдуемы съ этой стороны несчетное число разъ извѣстнѣйшими учеными и при томъ съ величайшею тщательностью и при помощи лучшихъ методовъ, какъ простѣйшія, такъ и самыя запутанныя химическія разложенія, и всегда было находимо тоже самое. Ни разу нигдѣ не было наблюдаемо ни одного исключенія. Это относится ко всѣмъ явленіямъ природы, протекаютъ ли они въ мертвыхъ тѣлахъ или въ живыхъ существахъ. Растеніе или животное постоянно принимаютъ вещества изъ окружающей среды и отдаютъ ихъ туда же. Въ нихъ протекаютъ сложные физическіе и химическіе процессы. Повсюду, гдѣ бы мы ни прослѣдили этотъ процессъ вѣсовымъ путемъ, мы находимъ, что сумма начальнаго вѣса + вѣсъ воспринятой матеріи равна суммѣ конечнаго вѣса + вѣсъ выдѣленной матеріи. Мы не имѣемъ также ни малѣйшаго основанія для предположенія, что могутъ существовать явленія природы, при которыхъ это было бы иначе.

Познаніе этой неизмѣняемости массы матеріи получило огромное значеніе для пониманія явленій природы. Изслѣдованіе химическихъ процессовъ получило прочное основаніе только съ тѣхъ поръ, какъ было узнано, что при ростѣ и смерти растеній и животныхъ матерія ни возникаетъ вновь, ни пропадаетъ, что прибыль въ вѣсѣ металловъ при окисленіи основывается на соединеніи ихъ съ кислородомъ, въ то время какъ убыль въ вѣсѣ дерева, угля и тому подобныхъ при горѣніи, потери въ вѣсѣ животныхъ при дыханіи происходитъ отъ того, что часть продуктовъ горѣнія (углекислота и вода) удаляется въ газообразной формѣ. То что было установлено сперва для этихъ и подобныхъ имъ явленій, оказалось затѣмъ приложимымъ ко всѣмъ явленіямъ природы. Мы имѣемъ право принять, что это положеніе примѣнимо и тамъ, гдѣ мы не можемъ, вслѣдствіе затруднительности условій, привести прямыя доказательства. Мы выставляемъ поэтому, какъ результатъ всѣхъ изслѣдованій о матеріи, слѣдующее положеніе:

Первое основное положеніе естествознанія:

Количество всей находящейся въ природѣ матеріи неизмѣнно; оно не можетъ быть ни уменьшено, ни увеличено ни однимъ изъ извѣстныхъ намъ явленій природы *).

12. Неизмѣняемость веществъ. Эта неизмѣняемость разъ существующей массы относится не только къ совокупности всей матеріи, но также и къ отдѣльнымъ, качественно

---

*) Это положеніе называютъ *закономъ сохраненія матеріи*. Слово сохраненіе употребляется при этомъ въ значеніи неразрушимости, неизмѣняемости.

различнымъ, родамъ матеріи. Каждаго отдѣльнаго вещества даны опредѣленныя количества разъ навсегда, и они не могутъ быть ни увеличены, ни уменьшены. Золото, серебро, желѣзо, кислородъ, азотъ, сѣра, фосфоръ и т. д. могутъ вступать въ разнообразныя соединенія какъ другъ съ другомъ, такъ и съ другими элементами. При разложеніи этихъ соединеній, получаютъ обратно эти элементы каждый въ такомъ количествѣ, въ которомъ онъ находился въ соединеніи. Небольшія разницы, находимыя при вычисленіи анализовъ, достаточно объясняются несовершенствомъ методовъ, служащихъ для отдѣленія элементовъ и неизбѣжными ошибками опытовъ. Съ улучшеніемъ методовъ и уклоненія дѣлаются меньше.

Подобныя улучшенія могутъ приводить къ открытію новыхъ элементовъ, которые раньше не были отличаемы отъ другихъ, такъ сказать, они числились на счетѣ другихъ. Поучительнымъ примѣромъ тому служитъ открытіе въ атмосферномъ воздухѣ элементовъ аргона, гелія, криптона, неона и антаргона, сдѣланное въ 1894—1898 гг. лордомъ Райлейгомъ (Rayleigh) и Вильямомъ Рамзеемъ (Ramsay). Атмосферный воздухъ состоитъ согласно лучшимъ изъ существующихъ до сихъ поръ анализамъ изъ 20% съ небольшимъ кислорода, 79% въ среднемъ азота и небольшихъ количествъ другихъ газовъ: угольной кислоты, амміака и т. д. Если удалить послѣдніе и весь кислородъ, и подвергнуть остатокъ, раньше считавшійся за азотъ, сжатію при очень низкой температурѣ, то азотъ переходитъ въ жидкое состояніе. Но небольшое количество, состоящее главнымъ образомъ изъ аргона, остается газообразнымъ, такъ какъ аргонъ и другіе названные газы переходятъ въ жидкое состояніе только при еще болѣе высокомъ давленіи.

Азотъ со многими другими элементами даетъ химическія соединенія; хотя его сродство или способность къ соединенію не велико, но все таки значительно больше, чѣмъ аргона. При анализѣ азотистыхъ соединеній обнаруживались поэтому небольшія отклоненія, изъ которыхъ можно было заключить, что не все, считавшееся за азотъ, вступило въ соединеніе. Эти уклоненія въ настоящее время находятъ себѣ объясненіе въ открытіи аргона. То же самое относится и къ открытію другихъ, раньше неизвѣстныхъ рѣдкихъ элементовъ, которые прежде не могли быть отдѣлены достаточно полно отъ сходныхъ съ ними спутниковъ. Абсолютное количество каждаго отдѣльно существующаго элемента отъ этого, конечно, не измѣнилось. Пока мы не могли отдѣлить аргона отъ азота, мы оцѣнивали количество послѣдняго слишкомъ высоко; но оно было, на самомъ дѣлѣ, такъ же велико, какъ и теперь, и аргонъ также существовалъ уже раньше, чѣмъ мы его узнали.

Конечно, и въ другихъ случаяхъ можетъ произойти подобное; можетъ быть открыто еще много новыхъ, до сихъ поръ неизвѣстныхъ элементовъ или, можетъ быть, нѣкоторые элементы придется вычеркнуть изъ списка въ случаѣ, если они окажутся тожественными съ другими. Существуютъ элементы, которые встрѣчаются въ двухъ или болѣе такъ называемыхъ аллотропическихъ видоизмѣненіяхъ (сѣра и фосфоръ—примѣры тому); возможно, такимъ образомъ, что два элемента, разсматриваемые нами за качественно различныя вещества, оказались бы видоизмѣненіями одного и того же элемента. Тогда, конечно, было бы возможно одно изъ этихъ «веществъ» «превратить» въ другое, но такое «превращеніе» было бы только кажущимся, такъ какъ, на самомъ дѣлѣ, вещество было бы одно и то же. Элементами мы называемъ такія тѣла, которыя при *настоящихъ нашихъ средствахъ* не могутъ быть ни разложены дальше, ни превращены въ другія вещества. Что покажетъ намъ въ этомъ отношеніи будущее, неизвѣстно. Кто имѣетъ охоту къ спекуляціямъ, тотъ можетъ думать, что *всѣ* элементы только видоизмѣненіе одного и того же основнаго вещества. Тогда существовалъ бы только *одинъ* родъ матеріи, и масса ея была бы постоянна, какъ теперь (т. е. при нашихъ настоящихъ вспомогательныхъ средствахъ) она постоянна для каждаго отдѣльнаго элемента. Если мы представляемъ себѣ матерію состоящею изъ молекулъ, а эти снова изъ атомовъ, то мы могли бы также принять, что послѣдніе сложены изъ еще меньшихъ единицъ той первоначальной матеріи. Числомъ и расположеніемъ этихъ первоначальныхъ атомовъ мы могли бы объяснять свойства того, что мы *теперь* называемъ атомами отдѣльныхъ элементовъ. Но подобныя умозрѣнія выходятъ за границы до сихъ поръ извѣстныхъ и хорошо обоснованныхъ фактовъ.

13. Атомный и молекулярный вѣсъ. Удовольствуемся поэтому приведенными взглядами и примемъ, что вся матерія состоитъ изъ отдѣльныхъ частичекъ, молекулъ, а эти въ свою очередь изъ атомовъ. Мы увидимъ изъ послѣдующаго, насколько мы достигаемъ, при помощи этихъ взглядовъ, возможности наглядно изложить явленія природы. Изъ всего того, что до сихъ поръ найдено, вытекаетъ также, что подъ атомомъ мы

должны представлять себѣ не только небольшое количество матеріи, одаренное совершенно опредѣленными свойствами, но и совершенно опредѣленную массу такой матеріи, другими словами, каждый атомъ, при предположеніи, что всѣ взвѣшиванія произведены при одинаковыхъ условіяхъ *), имѣетъ опредѣленный вѣсъ.

Этотъ атомный вѣсъ, какъ находящійся въ зависимости отъ природы атома, для каждаго элемента различенъ. Его находятъ путемъ сравненія съ атомнымъ вѣсомъ опредѣленнаго элемента, вѣсъ котораго принимается за единицу. За таковую принимаютъ атомный вѣсъ водорода, такъ какъ найдено, что послѣдній меньше атомнаго вѣса всѣхъ другихъ элементовъ. Конечно, мы не можемъ выразить вѣсъ одного водороднаго атома и, слѣдовательно, другихъ атомовъ въ единицахъ обыкновенной системы мѣръ, въ дробныхъ, напримѣръ, частяхъ милиграмма, такъ какъ мы не въ состояніи изолировать атомъ и взвѣсить его отдѣльно. Но дѣло идетъ не объ этомъ. Взвѣшиваніе, какъ вообще всѣ измѣренія, только сравненіе. Когда мы говоримъ, что тѣло, напримѣръ, кусокъ стекла, вѣситъ 30 грм., то это значитъ только, что оно заключаетъ въ себѣ такую же массу, какъ 30 куб. см. воды при 4°C. И когда мы говоримъ: атомный вѣсъ азота равенъ 14, то это означаетъ, что въ одномъ атомѣ азота содержится столько массы, сколько въ 14 атомахъ водорода. Дальнѣйшее объ этомъ будетъ разсмотрѣно въ 7-й главѣ.

Сумма вѣсовъ атомовъ, соединенныхъ въ молекулу, представляетъ молекулярный (частичный) вѣсъ, т. е. вѣсъ одной молекулы опредѣленнаго вещества, все равно, будетъ ли это элементъ или химическое соединеніе. Если извѣстны атомные вѣса и число различныхъ атомовъ, входящихъ въ составъ молекулы, то извѣстенъ и молекулярный вѣсъ, такъ какъ послѣдній не что иное, какъ сумма вѣсовъ всѣхъ атомовъ, составляющихъ молекулу. Соотвѣтственныя числа указываютъ, сколько содержится массы въ одной молекулѣ даннаго вещества, выраженной въ единицахъ массы, присущей одному водородному атому.

14. Удѣльный вѣсъ. Каждое тѣло занимаетъ ограниченную часть пространства. При этомъ все равно, занимаетъ ли оно эту часть пространства сполна, или же оно, какъ мы приняли, состоя изъ мельчайшихъ матеріальныхъ частичекъ, оставляетъ между ними пустыя пространства. Измѣряемую величину пространства, занятаго тѣломъ, мы называемъ объемомъ послѣдняго. Объемъ, какъ мы знаемъ, зависитъ отъ температуры и давленія, масса-же (а вмѣстѣ съ тѣмъ и вѣсъ) тѣла отъ природы и числа его молекулъ. Поэтому количество массы, заключенной въ какомъ нибудь опредѣленномъ объемѣ, различно для различныхъ тѣлъ. Если мы сравнимъ массу, содержащуюся въ единицѣ объема какого-нибудь вещества, съ той, которую содержитъ одинъ кубическій сантиметръ чистой воды при 4°, то мы получимъ относительное число, называемое удѣльнымъ вѣсомъ даннаго вещества. Когда мы говоримъ, что удѣльный вѣсъ чистаго золота = 19,25, то это обозначаетъ, что 1 куб. см. золота вѣситъ столько же, сколько 19,25 грм. воды при 4°C.

Смѣси не имѣютъ, какъ чистыя тѣла, опредѣленнаго удѣльнаго вѣса, послѣдній колеблется въ опредѣленныхъ границахъ въ зависимости отъ количественныхъ отношеній отдѣльныхъ составныхъ частей. Въ этомъ смыслѣ должно понимать, напримѣръ, выраженіе, что удѣльный вѣсъ крови человѣка 1,045—1,060**). Чтобы избѣжать дробныхъ чиселъ, часто увеличиваютъ цифру удѣльнаго вѣса въ тысячу разъ, т. е. приводятъ вѣсъ одного литра вещества въ граммахъ или, что тоже самое, вѣсъ одного кубическаго сантиметра въ миллиграммахъ. Такимъ образомъ, получаютъ для воды 1000, для золота 19250, для крови 1045—1060; для чистаго безводнаго алкоголя 794,6.

---

*) Т. е. при одинаковомъ значеніи постояннаго притяженія (срав. § 3, стр. 43, примѣч. 1). Въ этомъ случаѣ возможно, какъ мы видимъ, *массу* принять равной *вѣсу*, слѣдовательно, первая будетъ опредѣлена посредствомъ послѣдняго.

**) Если бы измѣненія объема, обусловливаемыя температурой и давленіемъ были одинаковы для всѣхъ тѣлъ, то числа, установленныя для удѣльнаго вѣса при опредѣленной температурѣ и опредѣленномъ давленіи были бы примѣнимы также для всѣхъ другихъ температуръ и давленій. Это имѣетъ мѣсто, какъ мы увидимъ, только для газовъ. Поэтому удѣльные вѣса даются обыкновенно для опредѣленной температуры и атмосфернаго давленія.

Если въ одномъ кубическомъ сантиметрѣ воды заключается одна единица массы, въ одномъ же кубическомъ сантиметрѣ золота 19,25 такихъ единицъ, то можно также сказать, что масса въ золотѣ плотнѣе сложена, чѣмъ въ водѣ. Поэтому называютъ иногда то, что выражается числами удѣльныхъ вѣсовъ, плотностью тѣлъ. Что золото плотнѣе воды, можетъ имѣть двоякого рода основанія. Во первыхъ молекулярный вѣсъ золота можетъ быть больше, чѣмъ воды, во вторыхъ можетъ быть также, что и число молекулъ, заключенныхъ въ опредѣленномъ объемѣ, больше. Относительно послѣдняго пункта болѣе точныя свѣдѣнія мы можемъ дать лишь о газахъ, о которыхъ будетъ рѣчь ниже. Напротивъ, ясно, что, если плотность измѣняется механическими средствами, какъ давленіе, или вліяніемъ температуры, то это можетъ быть сведено на увеличеніе или уменьшеніе числа молекулъ въ единицѣ объема. Такъ, напримѣръ, число 19,25, приведенное нами для удѣльнаго вѣса золота, правильно для золота отлитого при температурѣ въ 0°. Кованіемъ и тому подобной обработкой плотность его можетъ быть настолько увеличена, что удѣльный вѣсъ его повышается до 19,6, а выпавшее изъ растворовъ его соединеній можетъ имѣть еще болѣе высокій удѣльный вѣсъ.

15. Недостаточность представленія о матеріи. Измѣненное представленіе о строеніи матеріи оказывается пригоднымъ для пониманія очень большого числа явленій природы. Чтобы отдать отчетъ въ явленіяхъ химическаго соединенія и разложенія, также какъ въ большомъ числѣ физическихъ процессовъ, необходимо только приписать атомамъ, молекуламъ или массамъ способность перемѣнять положеніе въ пространствѣ или, какъ мы можемъ также сказать, производить движенія. Объ этомъ въ слѣдующей главѣ будетъ сказано подробнѣе. Но останется нѣкоторое число явленій, при объясненіи которыхъ нельзя выходить изъ этихъ представленій о матеріи.

Примѣръ этому доставитъ слѣдующій опытъ: мы помѣщаемъ подъ колоколъ воздушнаго насоса заведенный будильникъ. Мы видимъ, что язычекъ поднимается въ правильные промежутки времени и ударяетъ по колокольчику, и мы каждый разъ слышимъ это. Такимъ образомъ, мы имѣемъ здѣсь дѣло съ двумя различными явленіями и обусловленными ими воспріятіями. Если теперь выкачивать воздухъ изъ подъ колокола воздушнаго насоса, то звуки будутъ слышаться все слабѣе и, наконецъ, ихъ не будетъ слышно совсѣмъ; движенія же язычка продолжаютъ оставаться видимыми.

Разборъ звуковыхъ явленій показываетъ, что молекулы колокольчика часовъ ударами язычка приводятся въ колебательное движеніе, эти колебанія передаются воздуху внутри колокола, отъ него молекуламъ стеклянной стѣнки, послѣдней молекуламъ внѣшняго воздуха и, наконецъ, черезъ посредство ихъ нашему уху. Вслѣдствіе возбужденія заложенныхъ въ немъ нервовъ появляется звуковое ощущеніе. Если воздухъ изъ колокола выкаченъ, то въ этомъ случаѣ отсутствуетъ среда, необходимая для передачи движеній колокольчика; продолженіе звукового явленія поэтому оказывается невозможнымъ.

Но черезъ тоже самое пространство, называемое въ разговорѣ безвоздушнымъ, не смотря на то, что оно не содержитъ никакой матеріи въ до сихъ поръ употребляемомъ нами смыслѣ, можетъ распространяться явленіе, вызывающее ощущеніе свѣта. И это явленіе зависитъ, какъ это доказано, отъ колебательныхъ движеній. Но то, что при этомъ колеблется, не можетъ быть матеріей въ томъ родѣ, въ какомъ мы имѣли до сихъ поръ случай узнать ее. Совершенно тоже самое относится и къ явленіямъ электричества и магнитизма. Явленія, ихъ вызывающія, распространяются черезъ такъ называемое пустое пространство, не содержащее «никакой матеріи».

16. Эфиръ. «Наэлектризованныя» тѣла получаютъ новыя свойства безъ измѣненія своей массы. Тоже самое относится къ намагниченному желѣзу. Для объясненія такихъ явленій раньше принимали, что кромѣ матеріи, въ собственномъ смыслѣ слова, существуетъ еще извѣстное число веществъ, настолько тонкихъ, что они не имѣютъ вѣса. Поэтому ихъ называли невѣсомыми. Вслѣдствіе соединенія этихъ гипотетическихъ веществъ съ матеріей, послѣдняя должна была принимать новыя свойства. Для каждаго изъ этихъ свойствъ принимали существованіе опредѣленнаго «невѣсомаго». Говорили о свѣтовомъ веществѣ, выходящемъ изъ свѣтящагося тѣла, которое, попадая въ нашъ глазъ, вызываетъ

въ немъ зрительное ощущеніе. Принимали тепловое вещество, одну или двѣ, не имѣющія вѣса, электрическія жидкости, такъ же какъ одну или двѣ магнитныя. По нашимъ основнымъ положеніямъ, изложеннымъ во второй главѣ, мы должны ограничивать число гипотетическихъ предположеній возможно меньшимъ количествомъ. Но такъ какъ мы, при изложенномъ взглядѣ на матерію, не въ состояніи представить себѣ явленій свѣтовыхъ, электрическихъ и магнитныхъ, то мы принуждены сдѣлать, по крайней мѣрѣ, одно новое предпололоженіе. Если мы примемъ, что кромѣ того, что мы до сихъ поръ называли матеріей, существуетъ еще второй родъ матеріи, то этихъ двухъ предположеній достаточно, чтобы объяснить всѣ явленія природы *).

Этотъ второй родъ матеріи называютъ эфиромъ и представляютъ его себѣ, аналогично истинной матеріи, состоящимъ изъ отдѣльныхъ частичекъ, эфирныхъ молекулъ. Эти гипотетическія эфирныя молекулы распредѣлены по всему міровому пространству. Ихъ величина должна быть такъ мала, что промежутки между матеріальными молекулами, по сравненію съ ними, должны быть разсматриваемы какъ очень большіе. Поэтому они проникаютъ во всѣ эти пространства и могутъ проходить черезъ матеріальныя тѣла, какъ проходитъ воздухъ, вода или маленькія песчинки черезъ сито. Поэтому можно пространство, замкнутое плотными стѣнками, сдѣлать безвоздушнымъ и вмѣстѣ съ тѣмъ свободнымъ отъ всякой матеріи, но никогда нельзя сдѣлать его свободнымъ отъ эфира. Возникающія въ эфирѣ или сообщаемыя ему движенія могутъ передаваться отъ одной частички эфира другой и такимъ образомъ могутъ быть перенесенными на любое разстояніе. Они могутъ поэтому проходить какъ черезъ такъ называемыя пустыя пространства, такъ и черезъ другія тѣла.

Изъ сказаннаго вытекаетъ, что гипотетическій эфиръ, сообразно имѣющимся о немъ представленіямъ, истинное вещество, отличающееся отъ другихъ, называемыхъ матеріей, своею крайне незначительною плотностью. Онъ, съ точки зрѣнія нашихъ ощущеній, вполнѣ невѣсомъ. То, что мы называемъ вѣсомъ или тяжестью, есть выраженіе отношенія матеріальныхъ частичекъ другъ къ другу, согласно закону тяготѣнія Ньютона. Вѣса тѣлъ, находящихся на землѣ мы можемъ опредѣлить, благодаря взаимному дѣйствію между ними и землею, съ помощью вѣсовъ; для небесныхъ тѣлъ мы можемъ вывести заключенія изъ ихъ взаимныхъ вліяній на ихъ движенія. Всѣ методы, которыми мы пользуемся при изслѣдованіи взаимныхъ отношеній матеріальныхъ тѣлъ, являются, какъ это вытекаетъ изъ слѣдующаго разсужденія, непригодными при изслѣдованіи эфира, заполняющаго все міровое пространство. Чтобы узнать, что воздухъ имѣетъ вѣсъ, мы должны сравнить пространство, наполненное воздухомъ, съ безвоздушнымъ. Взвѣшиваніе въ пространствѣ, наполненномъ воздухомъ, дѣлаетъ, какъ извѣстно, то, что каждое тѣло является легче на вѣсъ вытѣсненнаго имъ объема воздуха; слѣдовательно, воздухъ, взвѣшенный въ воздухѣ, имѣетъ, такъ сказать, вѣсъ равный нулю. Если мы допустимъ, что существуетъ взаимное дѣйствіе между землею и эфиромъ соотвѣтственно массѣ эфира и что оно достаточно велико для того, что бы быть опредѣленнымъ при помощи очень чувствительныхъ вѣсовъ, то это только тогда было бы возможно, если бы взвѣшиваніе опредѣленной массы эфира могло быть произведено въ пространствѣ, не содержащемъ эфира, что, на основаніи вышесказаннаго, невыполнимо. Также мало мы можемъ что нибудь узнать о томъ, дѣйствуютъ ли эфирныя массы другъ на друга подобно матеріальнымъ частицамъ. И для этого мы должны были бы располагать ограниченными массами эфира, которыя были бы отдѣлены другъ отъ друга свободными отъ эфира пространствами.

---

*) При этомъ дѣло идетъ только о явленіяхъ свѣта, электричества и магнитизма. Явленія тепла, какъ будетъ показано въ слѣдующей главѣ, могутъ быть сведены къ состояніямъ движенія (собственно) матеріи или они (при такъ называемой лучистой теплотѣ) разновидность свѣтовыхъ явленій.

Противъ этого сравненія матеріи и эфира, какъ двухъ родовъ вещества, отличающихся только по плотности, можетъ быть будетъ сдѣлано возраженіе, что матерія все же непосредственно доступна чувственнымъ ощущеніемъ, эфиръ же—чистая фикція. Но изъ прежнихъ разъясненій видно, что послѣднее одинаково относится и къ матеріи. Насколько, повидимому, опредѣленны чувственныя впечатлѣнія, дающія намъ свѣдѣнія о существованіи матеріи, настолько предположеніе, что эти ощущенія обусловливаются существующей внѣ нашего ощущающаго *я* матеріей, остается недоказаннымъ. Мы дѣлаемъ эту гипотезу, потому что она позволяетъ простымъ и крайне удовлетворительнымъ образомъ представить всѣ явленія природы, за исключеніемъ лишь части процессовъ. Здѣсь, какъ дополненіе, и является гипотеза о существованіи эфира.

Видѣли препятствіе въ томъ, что признаніемъ на ряду съ матеріей эфира въ разсмотрѣніе природы вносится родъ дуализма. Но этого вовсе нѣтъ. Въ насъ такъ укоренилось представленіе о матеріи, какъ о чемъ-то, существующемъ внѣ нашего *я* и обусловливающемъ всѣ въ насъ протекающія, съ самаго ранняго дѣтства воспринимаемыя нами чувственныя впечатлѣнія, что мы и эфиръ представляемъ себѣ какъ вещество, только приписываемъ ему очень незначительную плотность. Между матеріей и эфиромъ не бо́льшее различіе, чѣмъ между различными родами самихъ матеріальныхъ веществъ, какъ, напримѣръ, между газами и твердыми тѣлами. Впрочемъ, можно было бы и устранить дуализмъ предположеніемъ что матерія, это эфиръ уплотнившійся на опредѣленныхъ мѣстахъ пространства. Можно было бы предположить, что принимаемое нами за атомъ водорода есть уплотненная группа эфирныхъ молекулъ съ опредѣленнымъ расположеніемъ и потому съ опредѣленными свойствами, въ то время какъ атомъ кислорода состоялъ бы изъ другого числа эфирныхъ молекулъ и съ другимъ расположеніемъ. Но подобныя умозрѣнія слишкомъ мало обоснованы; ихъ значеніе не можетъ еще быть испытано сравненіемъ выводимыхъ изъ нихъ слѣдствій съ наблюденіемъ. Поэтому мы не можемъ входить въ дальнѣйшее ихъ разсмотрѣніе. Съ помощью сдѣланныхъ нами выше допущеній всѣ явленія природы, насколько они намъ извѣстны, могутъ быть представлены просто и въ логической послѣдовательности. Поэтому эти гипотезы представляютъ подходящее средство для научнаго разсмотрѣнія природы и поэтому мы говоримъ о матеріальныхъ и эфирныхъ молекулахъ и атомахъ, какъ будто бы ихъ существованіе было несомнѣнно. Но эти представленія пришлось бы тотчасъ оставить, какъ скоро сдѣлался бы извѣстнымъ хоть одинъ фактъ, который не могъ бы быть съ ними согласованъ или если бы были найдены другія представленія, которыя вели бы къ лучшему и болѣе простому объясненію фактовъ.

ПЯТАЯ ГЛАВА.

Движеніе и энергія.

1. Движеніе. Субстратъ нашихъ ощущеній, матерія, представляется намъ въ видѣ ограниченныхъ, распредѣленныхъ въ пространствѣ тѣлъ. Самыя частыя, постоянно повторяющіяся впечатлѣнія учатъ насъ, что тѣла эти мѣняютъ взаимное положеніе, что они двигаются. Поэтому съ движеніями мы знакомы съ самой ранней юности, они непосредственно воспринимаются чувствами, между тѣмъ какъ другія явленія или совсѣмъ недоступны наблюденію или только съ трудомъ.

Представленія о движеніи, составленныя на наблюденіи видимыхъ массъ, тѣлъ, будучи перенесены на гипотетическія молекулы, атомы и эфиръ, дозволили наглядно объяснить всѣ явленія природы. Поэтому необходимо ознакомиться съ различнаго рода движеніями и съ установленными для нихъ законностями.

Мы должны различать: 1) движеніе тѣлъ или массъ; сюда относятся явленія паденія, движенія свѣтилъ и т. п.; 2) молекулярное движеніе; къ нему можно отнести измѣненія объема и др.; 3) движеніе атомовъ, оно служитъ для объясненія химическихъ процессовъ разложенія и образованія сложныхъ веществъ; 4) движеніе эфира, которымъ пользуются для объясненія свѣтовыхъ, электрическихъ и магнитныхъ явленій.

Когда при массовомъ движеніи положеніе частей, составляющихъ тѣло, остается неизмѣннымъ, когда, слѣдовательно, тѣло движется, какъ цѣлое, тогда мы можемъ оставить въ сторонѣ форму (протяженіе и т. д.) тѣла и считать всю массу движущагося тѣла заключенной въ одной точкѣ (въ центрѣ тяжести). Молекулы, атомы или молекулы эфира, о гипотетическихъ движеніяхъ которыхъ говорится, не имѣютъ, по нашему представленію, никакого вообще замѣтнаго протяженія; они, какъ обыкновенно говорятъ, безконечно малы, слѣдовательно, могутъ быть представлены только какъ точки. Вслѣдствіе такого приведенія всѣхъ явленій движенія къ отношеніямъ между точками, механика, такъ называется наука о движеніяхъ, сдѣлалась доступной строго математической обработкѣ. Благодаря этому она достигла высокой степени развитія. Вслѣдствіе примѣненія методовъ, получившихъ развитіе въ механикѣ, и перенесенія достигнутыхъ въ ней результатовъ на предполагаемыя движенія молекулъ и эфира, и другія явленія природы сдѣлались доступны математической обработкѣ. Въ этомъ смыслѣ должно понимать, когда говорятъ, что вся наука о явленіяхъ природы стремится къ тому, чтобы сдѣлаться механикой.

2. Виды движенія. Всѣ движенія бываютъ или поступательными или колебательными; при первыхъ двигающееся тѣло постоянно занимаетъ новыя положенія въ пространствѣ; при колебательныхъ оно снова возвращается въ свое первоначальное положеніе. Если тѣло сначала находится въ положеніи A, а затѣмъ въ положеніи B, то линія AB, соединяющая двѣ точки, обозначаетъ пройденный путь. Обозначеніе AB имѣетъ двоякій смыслъ; оно не только даетъ длину пути, но также и направленіе движенія; оно говоритъ, что движеніе имѣло направленіе отъ A къ B. Если направленіе движенія противоположное, то мы обозначаемъ его BA. AB и BA имѣютъ равную длину, но съ противоположными направленіями. Поэтому мы придаемъ имъ и противоположныя обозначенія. Въ такомъ случаѣ $BA = -AB$; вмѣстѣ съ тѣмъ $AB + BA = 0$. Т. е., если движеніе происходитъ сначала отъ A къ B, а затѣмъ отъ B къ A, то окончальный результатъ $= 0$; тѣло снова вернулось къ своему исходному пункту. Это и есть случай колебанія.

Кромѣ длины и направленія пути принимается въ соображеніе и время, потребное для прохожденія. Если мы назовемъ путь s и время (измѣренное въ секундахъ) t, то $\frac{s}{t}$ будетъ путь, пройденный въ единицу времени (1 сек.) или скорость движенія *).

Только что употребленныя понятія пространство и время не представляютъ чего-либо въ родѣ объектовъ нашего созерцанія, вещей или тѣлъ. Это не объекты, а формы нашего созерцанія, обусловленныя свойствами нашихъ органовъ чувствъ и нашего сознанія. То, что мы приписываемъ тѣламъ измѣренія, то, что мы воспринимаемъ тѣло одно подлѣ другого, обусловливается устройствомъ нашихъ глазъ и нашего органа осязанія, такъ же какъ и способностью мѣнять нашу точку зрѣнія. Мы приписываемъ пространству три

*) При этомъ обозначеніи скорости подразумѣвается, что въ каждую дробную часть времени t проходится одинаковая часть пути s. Въ такомъ случаѣ скорость называется равномѣрной, въ противномъ случаѣ — неравномѣрной. Неравномѣрная скорость можетъ быть или ускоренной или замедленной, смотря по тому, увеличивается или уменьшается скорость Если тѣло проходитъ путь s въ теченіе времени t съ неравномѣрною скоростью, то $\frac{s}{t}$ обозначаетъ среднюю скорость въ промежутокъ времени t. На самомъ дѣлѣ тѣло имѣло въ каждый отдѣльный моментъ другую скорость; ее можно выразить для каждаго отдѣльнаго момента, указа въ величину пути, которую тѣло прошло бы въ одну секунду, если бы скорость даннаго момента не измѣнилась.

измѣренія, потому что мы въ состояніи воспринимать различія по тремъ направленіямъ. Если-бы органы чувствъ, которымъ мы обязаны нашею способностью къ созерцанію, были бы устроены иначе, то мы можетъ быть приписывали бы пространству только два или больше трехъ измѣреній. Поэтому теоретически можно говорить о пространствѣ большаго числа измѣреній, чѣмъ три; но то пространство, о которомъ мы имѣемъ въ дѣйствительности представленіе, является съ тремя измѣреніями.

Форма созерцанія времени зависитъ отъ свойствъ нашего сознанія. Состоянія сознанія мѣняются, но воспоминаніе о прежнихъ продолжаетъ оставаться. Черезъ это мы приходимъ къ понятіямъ одновременности и послѣдовательности во времени. Поэтому время имѣетъ только одно измѣреніе. Математически оно можетъ быть представлено въ видѣ линіи, которая по обоимъ направленіямъ можетъ быть продолжена до безконечности. Если какой-нибудь точкой на этой линіи обозначить настоящее, то одна сторона линіи представитъ тогда прошедшее, другая будущее.

3. Колебанія. Если направленіе движенія измѣняется сразу, то путь дѣлается ломаннымъ, при постепенномъ измѣненіи криволинейнымъ. Простой случай такого рода представляетъ движеніе по кругу. Чтобы выразить въ этомъ случаѣ скорость, обозначаютъ или длину части круга, дуги, пройденную въ опредѣленное время (линейная скорость) или величину соотвѣтственнаго ей угла (угловая скорость).

Случай такого рода представляетъ вращательное или круговое движеніе, при которомъ тѣло движется вокругъ оси, проходящей черезъ центръ его тяжести (примѣръ: маховое колесо у машины). Всѣ точки тѣла описываютъ при этомъ круги. Радіусы этихъ круговъ тѣмъ больше, чѣмъ дальше отстоятъ точки отъ оси вращенія, слѣдовательно, скорости, если выразить ихъ въ единицахъ длины, различны. Но углы, описываемые радіусами въ теченіе одного опредѣленнаго времени, для всѣхъ точекъ одинаковы. Слѣдовательно, линейныя скорости различны, а угловыя одинаковы.

Движенія маятника — движенія круговыя, но они охватываютъ только не большую часть окружности и мѣняютъ въ правильные промежутки свое направленіе. Подобныя движенія взадъ и впередъ обыкновенно подразумѣваются, когда говорятъ о колебаніяхъ. Вмѣстѣ съ этимъ связываютъ обыкновенно и представленіе о частой ихъ повторяемости. Въ остальномъ движенія могутъ быть очень разнообразны, пути могутъ быть прямо и криволинейными; скорости равномѣрными или неравномѣрными. Ученіе о колебаніяхъ для многихъ отдѣловъ физики (акустика, оптика и др.) имѣетъ большое значеніе. При колебаніяхъ мы различаемъ:

1) Продолжительность колебанія, т. е. время, употребляемое колеблющимися тѣлами для возврата, по окончаніи полнаго движенія, къ ихъ исходной точкѣ. Если при повторяющихся колебаніяхъ продолжительность отдѣльнаго колебанія всегда одна и та же, то можно вмѣсто продолжительности одного колебанія давать также число колебаній, производимыхъ тѣлами въ единицу времени. Ясно, что одно и тоже, говоримъ ли мы, что каждое изъ колебаній камертона длится $^1/_{256}$ секунды или что онъ дѣлаетъ въ секунду 256 колебаній.

2) Амплитуду колебанія, называемую также интенсивностью колебанія, т. е. наибольшій размахъ, дѣлаемый колеблющейся точкой, или иначе, прямолинейное разстояніе между крайними, достигаемыми ею положеніями.

3) Характеръ и способъ движенія въ предѣлахъ этихъ крайнихъ положеній. Если не только продолжительность колебанія въ слѣдующихъ другъ за другомъ колебаніяхъ одна и та же, но и движеніе происходитъ постоянно одинаковымъ образомъ, то мы называемъ колебанія равномѣрными, въ противномъ случаѣ неравномѣрными *).

4. Энергія. Разсмотримъ, чѣмъ отличается покоящееся тѣло отъ движущагося. Сравнимъ двѣ во всемъ совершенно сходныя массы, скажемъ, двѣ свинцовыя пули одинаковаго вѣса, изъ нихъ одна находится въ покоѣ, другая движется. Покоящаяся пуля довольно невинная вещь. Когда она лежитъ на нашей рукѣ, то производитъ зависящее отъ

*) Это различіе важно для акустики. Равномѣрныя колебанія возбуждаютъ въ насъ ощущеніе тоновъ или звуковъ, неравномѣрныя даютъ впечатлѣніе шума.

ея вѣса давленіе. Но если въ нашу руку попадетъ движущаяся пуля, то она можетъ произвести значительный ушибъ, она можетъ даже, если скорость велика, пробуровить или размозжить руку. Слѣдовательно, пуля, приведенная въ движеніе, можетъ произвести извѣстное дѣйствіе; ей такимъ образомъ придается способность, которой не обладаетъ покоящаяся пуля; способность эту мы называемъ энергіей. Попробуемъ измѣрить ее. Для этой цѣли мы заряжаемъ ружье подобной пулей и выстрѣливаемъ. Вспышка пороха производитъ то, что пуля вылетаетъ изъ ружейнаго ствола съ большою скоростью. Примемъ, что мы въ состояніи измѣрить эту скорость. Пусть она будетъ $= v$, масса же пули $= m$. Мы направляемъ ружье противъ извѣстнаго числа плотно расположенныхъ другъ за другомъ, одинаково толстыхъ еловыхъ досокъ. Мы находимъ, что пуля, благодаря своей энергіи, проходитъ насквозь первую изъ этихъ досокъ, причемъ должна быть преодолѣна плотность частичекъ дерева. Но этимъ дѣйствіе пули исчерпывается, она застрѣваетъ во второй доскѣ. Теперь мы заряжаемъ ружье такой же пулей; но придаемъ двойную скорость $2v$; въ этомъ случаѣ пуля пробиваетъ 4 доски; при скорости $3v$, она пробила бы 9 досокъ, при скорости $4v$—16 досокъ и т. д.

Пуля массой въ m, пробиваетъ такимъ образомъ:

при скорости	v	$2v$	$3v$	$4v$
число досокъ	1	4	9	16

Повторимъ этотъ опытъ, но съ пулей, массой, въ $2m$. Мы найдемъ, что она пробиваетъ:

при скорости	v	$2v$	$3v$	$4v$
число досокъ	2	8	18	32

Если мы сопоставимъ результаты этихъ обоихъ опытовъ, то увидимъ, что энергія (измѣряемая производимымъ ею дѣйствіемъ) растетъ прямо пропорціонально массѣ и пропорціонально квадрату скорости движущагося тѣла, т. е. энергія пропорціональна произведенію mv^2. Изъ основаній, приводить которыя мы здѣсь не можемъ, истинная величина правильно выражается половиной произведенія массы на квадратъ скорости, слѣдовательно $e = {}^1/_2 mv^2$.

5. Работа. Если бы человѣкъ просверлилъ доску, служащую намъ мѣрой энергіи приведенной въ движеніе пули, при помощи бурава или долота, то онъ, какъ говорятъ, произвелъ бы работу. Мы можемъ поэтому сказать также и про пулю, что она произвела работу. Величина этой работы (въ нашемъ случаѣ число пробитыхъ, одинаково толстыхъ досокъ) служила намъ мѣриломъ энергіи. Еще легче обозначить величину работы при поднятіи тяжести. Очевидно, что произведенная работа должна быть тѣмъ больше, чѣмъ больше тяжесть и чѣмъ больше высота поднятія послѣдней. Отсюда слѣдуетъ, что работа можетъ быть измѣрена произведеніемъ тяжести на высоту поднятія. Если обозначимъ работу черезъ A, то будемъ имѣть, слѣдовательно:

$$A = g.h$$

Если въ этой формулѣ на мѣсто g поставимъ единицу вѣса (1 килогр.), на мѣсто h единицу длины (1 метръ), то получимъ единицу мѣры для работы или рабочую единицу, килограммо-метръ (1 кгм.) *). Этой мѣрой измѣряется въ техникѣ всякая работа, все равно, произведена ли она человѣкомъ или машинами.

6. Превращеніе энергіи. Чтобы измѣрить такимъ же образомъ энергію выпущенной пули, мы направимъ ружье отверстіемъ кверху, такъ что пуля пойдетъ вертикально. Если бы мы могли точно прослѣдить ея движеніе, то увидѣли бы, что она поднимается съ замедленною скоростью, пока не достигнетъ извѣстной высоты, тамъ на одинъ моментъ останавливается и затѣмъ снова падаетъ съ увеличенною скоростью. Когда она снова дости-

*) Въ абсолютной системѣ мѣръ (ср. гл. 3, § 6) въ основѣ должны были бы лежать единицы 1 гр. и 1 сант. Эти научныя единицы мѣръ (граммъ—сантиметръ) для практическихъ цѣлей слишкомъ малы, поэтому они замѣняются приведенными въ текстѣ 1 кгм.=1.000,000 или 10^6 гсм.

гнетъ своей исходной точки, дула ружья, она получитъ опять ту же скорость и вмѣстѣ съ тѣмъ же ту энергію, съ которою она была вытолкнута изъ ствола.

При такой постановкѣ опыта трудно прослѣдить отдѣльныя стадіи его. Но мы можемъ замѣнить его другими, подобными по принципу. Возьмемъ простой маятникъ, состоящій изъ висящаго шара, вращающагося при A. Выведемъ маятникъ изъ вертикальнаго положенія и выпустимъ шаръ, маятникъ произведетъ извѣстное число колебаній, при которыхъ онъ отклонится и въ ту и въ другую сторону отъ вертикальной линіи на совершенно одинаковый уголъ. Если удержать маятникъ въ его крайнемъ лѣвомъ положеніи AC, то онъ образуетъ съ вертикальной линіей уголъ α; центръ тяжести его шара находится въ C, слѣдовательно, сравнительно съ положеніемъ его въ B онъ поднятъ на высоту CE. Если мы теперь выпустимъ маятникъ, то онъ снова возвращается въ положеніе B и при этомъ получаетъ такую скорость, что, благодаря ей, отклоняется влѣво до положенія AD. Если теперь, какъ учитъ опытъ, $\sphericalangle BAD = \sphericalangle BAC$, то масса маятника поднята на высоту DF. Но какъ легко показать $DF = CE$. Слѣдовательно, масса шара маятника поднялась на совершенно такую же высоту, на какую раньше она опустилась.

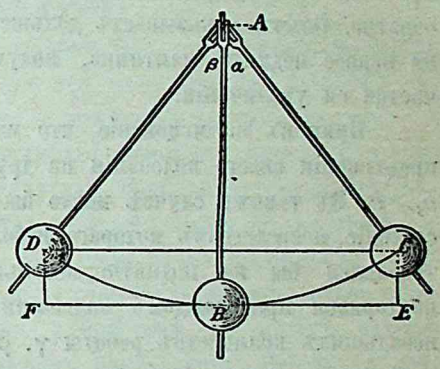


Рис. 2.

Маятникъ AB привѣшенъ при A. Если его привести въ положеніе AC, то его центръ тяжести поднимется на высоту CE. Выпущенный онъ отклоняется до положенія AD, такъ что уголъ $\beta = \alpha$. При этомъ центръ его тяжести поднимется на высоту $DF = CE$.

Очевидно, что поднятіе въ вертикальномъ направленіи выпущенной ружейной пули и поднятіе шара маятника, въ существенномъ, одинаковыя явленія. Въ обоихъ случаяхъ было дѣйствіе извѣстной энергіи, присущей какъ пулѣ, такъ и шару при ихъ самомъ низкомъ положеніи. Ружейная пуля получаетъ скорость вслѣдствіе толчка отъ взрыва пороха, маятникъ отъ паденія съ высоты CE. Изъ опыта съ послѣднимъ мы видѣли, что этой скорости вполнѣ достаточно для поднятія его на ту же высоту. Изъ этого мы можемъ вывести слѣдующее заключеніе: при поднятіи массы m на высоту h производится работа mh. Для этого требуется извѣстная энергія. Когда масса падаетъ, то она получаетъ энергію, которая можетъ поднять ее снова на высоту h. Слѣдовательно, эта энергія также велика, какъ и та, которая была употреблена для поднятія. Такимъ образомъ, при поднятіи и паденіи не произошло ни потери ни выигрыша энергіи.

7. Различныя формы энергіи. Разсмотримъ двѣ равныя массы m_1 и m_2, изъ которыхъ одна находится на землѣ, другая на какой нибудь твердой подставкѣ на высотѣ h надъ поверхностью земли. Каждый знаетъ, что эти массы не равнозначущи. Чтобы поднять первую массу, мы должны были бы произвести работу или, что тоже, издержать энергію. Другая же масса можетъ сама произвести работу, для этого достаточно заставить ее упасть. Если бы, напримѣръ, одна масса была вода пруда на равнинѣ, другая—вода совершенно такого же пруда на горѣ, то послѣдняя, если бы ее заставить падать, могла бы привести въ движеніе мельничное колесо или турбину и этимъ произвести работу. Эта вода обладаетъ, слѣдовательно, энергіей; но ясно, что эта энергія, по сравненію съ энергіей выпущенной пули или маятника при его самомъ низкомъ положеніи, другого рода. Ружейная пуля и маятникъ были обязаны своей энергіей тому обстоятельству, что они находились въ движеніи, что они обладали извѣстной скоростью; напротивъ, энергія и ружейной пули, и маятника въ ихъ самомъ высокомъ положеніи, и высоко лежащей воды зависитъ отъ того положенія, благодаря которому они способны къ паденію, а черезъ то къ развитію скорости.

Мы должны, слѣдовательно, различать двоякого рода энергію:

Энергію положенія или потенціальную энергію и энергію движенія или кинетическую энергію *).

*) Энергія положенія называется также силой напряженія, энергія движенія—живой силой. Однако, эти обозначенія менѣе пригодны, чтобы уяснить то, что слѣдуетъ.

8. Perpetuum mobile. Разсмотримъ еще разъ опытъ съ маятникомъ. Въ то время, какъ маятникъ поднимается изъ самаго низкаго своего положенія въ самое высокое, находящееся по одну изъ сторонъ средней линіи, вся присущая ему при его самомъ низкомъ положеніи энергія употребляется на поднятіе массы. Но энергія отъ этого не пропадаетъ. Дѣло въ томъ, что маятникъ, находясь въ самой высокой точкѣ поднятія, въ состояніи, вслѣдствіе обратнаго движенія, развить скорость и вмѣстѣ съ тѣмъ энергію. Слѣдовательно, при колебаніяхъ происходитъ постоянный переводъ энергіи движенія въ энергію положенія и обратно. Опытъ показываетъ дальше, что при этомъ превращеніи энергія, израсходованная на первое поднятіе маятника, получается обратно, но что при этомъ никогда не замѣчается ея увеличенія.

Примемъ на мгновеніе, что маятникъ, который падаетъ съ высоты h, могъ бы при продолженіи своего колебанія на другую сторону подняться нѣсколько выше, до высоты $h_1 > h$. Въ такомъ случаѣ могло бы быть придумано какое нибудь механическое приспособленіе, посредствомъ котораго небольшой избытокъ производимой при этомъ работы, употреблялся бы на поднятіе небольшого вѣса γ на высоту β. Если бы этотъ процессъ повторялся при каждомъ колебаніи маятника, то мы могли бы сложеніемъ всѣхъ этихъ небольшихъ количествъ работы $\gamma . \beta$ получить довольно большую сумму ея. Предѣла для этой суммы нельзя было бы дать; она, при достаточно частомъ повтореніи процесса, могла бы въ концѣ концовъ сдѣлаться неизмѣримо большой. Такимъ образомъ, приложивши первоначально небольшую работу $a = m . h$, мы получили бы неизсякаемый источникъ ея.

Раньше это не считалось невозможнымъ. Думали, что все дѣло въ изобрѣтеніи подходящихъ механизмовъ, которые, получивъ небольшой толчекъ, доставляли бы какія угодно количества энергіи; послѣднія же могли бы быть употребляемыми для совершенія всякаго рода работы. Такого рода механизмы назывались perpetuum mobile. Тысячи головъ, иногда очень находчивыхъ, занимались его измышленіемъ. Но всѣ эти труды были напрасны. Наблюденіе безпрерывно и постоянно показываетъ, что perpetuum mobile невозможно. Но если это такъ, то причина этому можетъ лежать только въ томъ, что при превращеніи энергіи положенія въ энергію движенія или обратно никогда не можетъ быть получено больше работы, чѣмъ было ея приложено. Такимъ образомъ, доказанная опытомъ невозможность устройства perpetuum mobile служитъ къ подкрѣпленію положенія, что при превращеніи энергіи движенія въ энергію положенія или обратно никогда не можетъ быть полученъ избытокъ энергіи.

Что энергія не можетъ быть также потеряна, гораздо труднѣе доказать. Наблюденіе, повидимому, показываетъ скорѣе обратное. На самомъ дѣлѣ, слѣдующія, напримѣръ, другъ за другомъ размахи маятника дѣлаются постепенно все меньше, пока, наконецъ, колебанія не прекратятся совершенно. Это зависитъ отъ сопротивленія воздуха, отъ тренія оси и т. д. Что бы удержать маятникъ въ продолжительномъ движеніи, должно поэтому при каждомъ его колебаніи давать ему небольшой толчекъ; въ нашихъ часахъ это достигается особымъ механизмомъ, который приходитъ въ движеніе или отъ паденія тяжести или отъ напряженія пружины; поэтому часы въ опредѣленные промежутки времени должны быть заводимы. Мы можемъ эти потери энергіи свести къ очень небольшому объему, если мы предоставимъ колебаніямъ совершаться въ безвоздушномъ пространствѣ; они длятся тогда значительно больше, замедленія происходятъ въ значительной степени меньше, чѣмъ раньше. Но гораздо важнѣе узнать, куда дѣвается та энергія которая, тратится вслѣдствіе сопротивленія воздуха, тренія и т. д.

Если мы ударомъ сообщимъ извѣстную скорость биллiардному шару, то онъ, при своемъ движеніи по горизонтальной плоскости, не совершаетъ никакой работы, какъ это бываетъ при движеніи кверху; энергія движенія не переходитъ въ энергію положенія, слѣдовательно, энергія движенія должна была бы оставаться неизмѣнной, шаръ долженъ былъ бы

продолжать двигаться съ постоянною скоростью. Если онъ доходитъ до борта, то измѣняется направленіе движенія, но на скорость это не должно было бы вліять *).

На самомъ же дѣлѣ мы наблюдаемъ постолнное уменьшеніе скорости и, наконецъ, остановку шара. И здѣсь мы приписываемъ потерю тренію. Но что же сдѣлалось при этомъ съ энергіей? Этотъ же вопросъ мы можемъ поставить и по поводу перваго разсмотрѣннаго нами случая. Что сдѣлалось съ энергіей выпущенной пули, когда она, пробивъ извѣстное число досокъ, застряла, наконецъ, въ пятой или десятой доскѣ?

9. Молекулярное движеніе. Отвѣтъ на этотъ вопросъ тотъ, что энергія во всѣхъ этихъ случаяхъ переносится съ массъ на молекулы. Хотя эти молекулярныя движенія невидимы глазомъ, но ихъ дѣйствія могутъ быть доказаны и измѣрены другимъ путемъ.

Молекулярныя движенія, т. е. измѣненіе взаимнаго положенія молекулъ въ предѣлахъ видимыхъ очертаній всего тѣла происходятъ у упругихъ тѣлъ вслѣдствіе извнѣ дѣйствующаго растяженія или давленія. Тоже самое относится къ измѣненіямъ объема при перемѣнѣ температуры. Если металлическій прутъ укрѣпить съ одного конца неподвижно и затѣмъ нагрѣвать его на пламени, то онъ удлиняется. Всѣ его молекулы незначительно отдаляются другъ отъ друга; но такъ какъ на укрѣпленномъ концѣ онѣ не могутъ раздвигаться, то движеніе происходитъ лишь въ противоположномъ направленіи. Небольшія движенія, какъ это видно изъ схематическаго изображенія (рис. 3), складываются. Этимъ путемъ легко можетъ быть обнаружено движеніе на свободномъ концѣ.

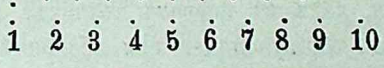


Рис. 3. Молекулярное перемѣщеніе отъ нагрѣванія.

Колебательныя движенія молекулъ, не вызывающія никакого или только очень незначительное измѣненіе внѣшняговида, встрѣчаются при звуковыхъ явленіяхъ. Измѣненіе въ положеніи молекулъ здѣсь большею частью періодическое; оно повторяется въ правильные промежутки времени.

Звуковыя колебанія молекулъ иногда легко могутъ быть обнаружены. Звучащій камертонъ при легкомъ прикосновеніи вызываетъ своими періодическими ударами характерное ощущеніе въ кончикахъ пальцевъ. Если укрѣпить на одной вѣтви камертона легкое пишущее остріе, то можно записать колебанія на движущейся поверхности; это служитъ для опредѣленія ихъ протяженія и скорости (срав. приложеніе). Движенія колеблющихся струнъ, если они происходятъ достаточно медленно, можно видѣть; натянутая струна, если она звучитъ, сбрасываетъ положенные на нее легкіе лоскутки бумаги. Въ другихъ случаяхъ молекулярныя движенія имѣютъ слѣдствіемъ уплотненія и разрѣженія массы, онѣ могутъ быть доказаны при помощи тонкихъ вспомогательныхъ средствъ, напримѣръ, дѣйствіемъ на поляризованный свѣтъ (срав. стр. 44, примѣч. къ § 4).

По причинамъ съ которыми мы еще познакомимся, мы принимаемъ, что молекулы всѣхъ матеріальныхъ тѣлъ находятся въ постоянномъ колебательномъ движеніи и что скорость этого молекулярнаго движенія съ поднятіемъ температуры увеличивается. Отсюда слѣдуетъ, что каждое тѣло, независимо отъ того, находится ли оно, какъ цѣлое, въ покоѣ или движеніи, заключаетъ въ себѣ извѣстное количество энергіи и что это количество тѣмъ больше, чѣмъ выше его температура. Такимъ образомъ, мы при-

*) Если одинъ шаръ ударяется въ другой, то онъ сообщаетъ ему часть своей энергіи; вмѣсто массы m теперь движутся двѣ массы m и m' съ уменьшенной скоростью, но сумма раздѣленной такимъ образомъ энергіи e' и e'' должна была бы равняться первоначальной энергіи e.

нимаемъ, что, кромѣ разсмотрѣнныхъ нами раньше случаевъ энергіи положенія и движущихся массъ, т. е. слѣдовательно, кромѣ энергіи массъ, существуетъ еще энергія молекулъ. И здѣсь мы можемъ различать энергію положенія и энергію движенія. То, что мы называемъ теплотою и распознаемъ по ея характернымъ дѣйствіямъ (возбужденіе извѣстныхъ ощущеній черезъ посредство кожныхъ нервовъ, измѣненія объема тѣлъ и т. д.), мы представляемъ себѣ какъ энергію молекулярнаго движенія.

10. Молекулярная энергія. Энергіей молекулярнаго положенія обладаютъ упругія тѣла, когда они приведены въ состояніе такъ называемаго напряженія, какъ, напримѣръ, упругія пружины, когда онѣ согнуты, газы, когда они сжаты и т. д. Чтобы разъяснить этотъ случай, мы еще разъ разсмотримъ опытъ съ полетомъ пули. Представимъ себѣ снова, что пуля выпущена кверху въ вертикальномъ направленіи. Она поднимается до извѣстной высоты h, которую мы можемъ вычислить, если намъ извѣстна начальная скорость полета пули. На этой высотѣ h мы помѣщаемъ помощника, который схватываетъ пулю, какъ только она достигаетъ его. Онъ можетъ сдѣлать это безнаказанно, такъ какъ пуля, во время своего подъема постепенно теряла всю свою энергію массы, такъ что, когда она достигла верхняго предѣла своего полета, она сдѣлалась совершенно безвредной Теперь совершенно въ нашей власти сдѣлать съ ней все, что мы хотимъ. Мы можемъ положить ее наверху въ ящикъ; энергія положенія, въ которую превратилась энергія движенія, останется тогда, такъ сказать, сохраненной. Но какъ скоро мы предоставимъ пулѣ упасть, энергія положенія снова перейдетъ въ энергію движенія.

Возьмемъ теперь вмѣсто ружья, заряженнаго порохомъ, такъ называемое пружинное ружье. Въ то время, какъ въ первомъ толчокъ, сообщающій пулѣ ея скорость, производится упругостью газовъ, образующихся при вспышкѣ пороха, во второмъ онъ обусловливается ударомъ находившейся въ напряженіи металлической упругой спиральной пружины.

Для того, чтобы сообщить пружинѣ это напряженіе, должна быть совершена работа. Вращеніемъ рукоятки пружина втиснута въ меньшее пространство по сравненію съ тѣмъ, которое она занимала раньше. Частицы пружины, приведенныя этимъ въ неестественное положеніе, получили вслѣдствіе этого энергію положенія, которая снова превращается въ энергію движенія, какъ скоро отодвигается въ сторону такъ называемый спускъ.

И духовое ружье, въ которомъ производится работа для сжатія воздуха, дѣйствуетъ такимъ же образомъ. Въ сжатомъ воздухѣ молекулы придвинуты другъ къ другу значительно ближе, чѣмъ при обыкновенномъ давленіи. При открытіи клапана воздухъ снова расширяется и этимъ сообщаетъ пулѣ толчекъ, отъ котораго она и получаетъ свою скорость.

Въ обоихъ случаяхъ была приложена работа, чтобы привести молекулы пружины или воздуха въ такое положеніе, въ которомъ онѣ были бы въ состояніи совершить работу. Въ этихъ случаяхъ мы имѣемъ, слѣдовательно, дѣло съ энергіей молекулярнаго положенія, которая совершенно аналогична той энергіи положенія массы, которую получила ружейная пуля въ тотъ моментъ, когда она была схвачена въ высшей точкѣ своего полета. Аналогія дѣлается еще полнѣе отъ того, что и эта энергія положенія, разъ она появилась, можетъ быть сохранена произвольно долго, прежде чѣмъ, такъ сказать, освободиться, т. е. превратиться въ энергію движенія. Это превращеніе у схваченной наверху пули происходитъ при ея обратномъ паденіи, у напряженной пружины при отодвиганіи спуска, у сжатаго воздуха при открываніи клапана.

11. Причины потери энергіи. Энергія движенія, развиваемая падающей пулей, зависитъ отъ высоты паденія, т. е. отъ разницы энергіи положенія, которую она имѣетъ до и послѣ паденія *). Тоже самое имѣетъ мѣсто и по отношенію къ пружинному и духовому

*) Если пуля лежитъ на поверхности земли, то она удалена отъ ея центра на величину r (радіуса земного шара). Если она поднята на высоту h, то ея разстояніе отъ центра земли

ружью. Скорость, которую получаетъ пуля въ такомъ ружьѣ, зависитъ отъ напряженія пружины или воздуха, а это въ свою очередь отъ работы, употребленной для натяженія пружины или для сжатія воздуха.

И вотъ именно въ послѣднемъ случаѣ при точномъ измѣреніи находятъ, что энергія, развиваемая пулей на нѣкоторую величину меньше, чѣмъ это отвѣчаетъ работѣ, затраченной насжатіе воздуха. Но опытъ тотчасъ даетъ намъ разъясненіе, что могло быть причиной этой кажущейся потери.

Извѣстно, что воздухъ при сжатіи нагрѣвается. Для демонстраціи этого пользуются пневматическимъ огнивомъ (рис 4). Въ маленькій, снизу закрытый стеклянный цилиндръ вставляется герметически хорошо пригнанная пробка на рукояткѣ, посредствомъ которой она можетъ быть вдвинута въ цилиндръ. На нижней поверхности пробки укрѣпляется легко воспламеняющееся тѣло, трутъ или что нибудь подобное. Если помѣстить пробку въ верхней части цилиндра и затѣмъ сильно вдвинуть внутрь, то трутъ, вслѣдствіе сильнаго нагрѣванія, загорается.

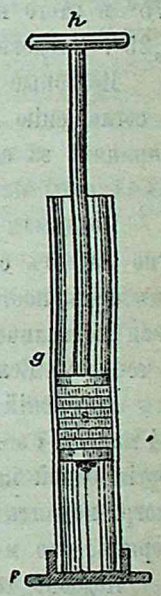


Рис. 4.
Пневматическое огниво.
Цилиндрическая стеклянная трубка *g* запирается снизу хорошо заклеенной мѣдной оправой. Въ трубку плотно вставленъ поршень *s* съ рукояткой *h*. Въ *s* укрѣпляется кусочекъ трута, *s* выдвигаютъ къ верхнему концу цилиндра *g* и сильно вдвигаютъ поршень внизъ, воздухъ въ *g* такъ нагрѣвается, что трутъ загорается

И въ воздушной камерѣ духового ружья сжатый воздухъ нагрѣвается; повышеніе температуры можетъ быть узнано рукой или какимъ нибудь другимъ подходящимъ способомъ. Но если, какъ мы приняли, теплота родъ энергіи молекулярнаго движенія, то дѣло представляется теперь такъ: работа, затраченная на сжатіе воздуха, частью превратилась въ энергію молекулярнаго положенія (образованіе сжатаго воздуха), частью въ энергію молекулярнаго движенія (нагрѣваніе воздуха). Образовавшаяся теплота отдается въ окружающее пространство. Только первая часть энергіи осталась сохраненной и могла послужить для приведенія пули въ движеніе.

Это объясненіе примѣнимо также къ случаямъ, гдѣ маятникъ или бильярдный шаръ теряютъ энергію вслѣдствіе тренія. Извѣстно, что, отъ тренія, какъ обыкновенно говорятъ, «образуется теплота». Если два тѣла трутся другъ о друга, то затраченная при этомъ механическая работа превращается въ теплоту. Спрашивается, возможно ли измѣрить энергію въ этой новой формѣ теплоты и, если да, то возможно ли найти, какъ относится сумма различныхъ формъ энергіи къ ея первоначальному количеству

12. Измѣреніе теплоты. Для этой цѣли мы должны прежде всего поискать подходящаго мѣрила «теплоты». Одна температура для этого непригодна. Если мы одинъ и тотъ же источникъ теплоты заставимъ дѣйствовать на различныя тѣла, то мы найдемъ, что они будутъ нагрѣваться неодинаково. Какимъ же образомъ намъ получить единицу измѣренія теплоты?

Если то, что мы называемъ «теплотою», родъ энергіи, то она можетъ быть измѣрена посредствомъ ея дѣйствія, посредствомъ той работы, которую она въ состояніи совершить. Этотъ взглядъ на теплоту только постепенно пробилъ себѣ дорогу въ наукѣ. Еще почти въ серединѣ XIX столѣтія говорили о теплотѣ, какъ будто она была какое либо вещество. Такъ какъ тѣло, когда его нагрѣваютъ, не дѣлается тяжелѣе, то причисляли «теплородъ» къ «веществамъ невѣсомымъ». Хотя мы оставили этотъ взглядъ, но мы еще и теперь пользуемся старымъ способомъ выраженія и говоримъ о количествахъ теплоты такъ, какъ мы говоримъ о килограммахъ. Но это не вредитъ, если мы помнимъ, что при этомъ не подразумѣвается никакихъ количествъ вещества, а только количество энергіи.

теперь $r+h$. Отъ этого разстоянія зависитъ энергія положенія, которая присуща пулѣ въ обоихъ случаяхъ. Тоже самое относится и къ аналогичнымъ случаямъ. Если масса газа съ объемомъ въ U будетъ сжата до объема $^1/_2$U, то и среднее разстояніе его молекулъ другъ отъ друга будетъ уменьшено на половину; вслѣдствіе этого онѣ получаютъ большую энергію положенія. Подробности касательно этого, въ слѣдующей главѣ.

Когда два тѣла A и B, имѣющія различную температуру, приходятъ въ соприкосновеніе другъ съ другомъ, то разница ихъ температуръ выравнивается. Болѣе теплое тѣло дѣлается холоднѣе, болѣе холодное теплѣе. Выравниваніе происходитъ тѣмъ скорѣе, чѣмъ тѣснѣе соприкосновеніе. Если смѣшать 1 килограммъ воды съ температурою въ 80° съ 1 килограммомъ же воды съ температурою въ 20°, то получается 2 килограмма воды съ температурою въ 50°. Но если смѣшать 1 килогр. воды въ 80° съ 1 килогр. ртути въ 20°, то масса принимаетъ температуру въ 78,25°. Въ первомъ случаѣ, слѣдовательно, килограммъ воды потерялъ 30°, и этого количества теплоты было достаточно, чтобы нагрѣть другой килограммъ воды на 30°. Во второмъ-же случаѣ килограммъ воды потерялъ 1,75° и этого количества теплоты было достаточно чтобы нагрѣть 1 килограммъ ртути на 58,25°. Слѣдовательно, ртуть можетъ быть легче нагрѣта, чѣмъ вода.

Подобные результаты получаются также и съ другими веществами. Поэтому пришли къ соглашенію въ основу измѣренія количествъ теплоты положить ея дѣйствіе на воду и принять за единицу то количество теплоты, которое потребно для нагрѣванія 1 килограмма воды на одинъ градусъ Цельсія. Это количество теплоты называется калоріей *).

Поднимая тяжесть g на высоту h, мы производимъ работу $= gh$. Если тяжесть обратно падаетъ съ высоты h, то освобождается энергія, эквивалентная этой работѣ. Мы можемъ такъ поставить опытъ, что падающая тяжесть приведетъ въ треніе двѣ соприкасающіяся металлическія пластинки. Такимъ путемъ вся энергія падающей тяжести превратится въ теплоту. Если пластинки лежатъ въ водѣ, то теплота передается послѣдней. Такимъ способомъ англійскій физикъ Джуль (Joule) нашелъ, что энергія, соотвѣтствующая паденію 424 килогр. съ высоты 1 м., нагрѣваетъ 1 килогр. воды на 1°. Слѣдовательно, молекулярная энергія одной калоріи соотвѣтствуетъ энергіи массы, которая была бы въ состояніи 424 килогр. поднять на высоту 1 м., т. е. произвести 424 килограммометра работы. Поэтому говорятъ, что механическій эквивалентъ одной калоріи = 424 килограммометрамъ.

Подобно тому какъ въ этомъ опытѣ механическая работа перешла въ тепло, такъ и теплота можетъ перейти въ механическую работу. Это совершается въ термо-динамическихъ машинахъ, къ которымъ, между прочимъ, принадлежатъ и паровыя машины. Часть теплоты, доставленной водѣ парового котла, вслѣдствіе напряженія паровъ, превращается въ движеніе поршня и, слѣдовательно, въ механическую работу. Въ такихъ случаяхъ на каждую калорію, воспринятую паромъ, приходится 424 килограммометра работы.

13. Химическая энергія. Главнѣйшій источникъ развитія тепла это—химическое сродство. Когда кислородъ и водородъ соединяются, образуя воду, освобождается энергія, которая можетъ проявиться, какъ теплота или, по крайней мѣрѣ отчасти, какъ механическая работа. Процессъ соединенія какого-нибудь тѣла съ кислородомъ называется окисленіемъ или горѣніемъ. Освобождающаяся при этомъ теплота называется теплотой сгоранія. Каждому тѣлу присуща совершенно опредѣленная теплота сгоранія. При сгораніи 1 килогр. водорода въ воду освобождается такъ много тепла, что 34000 килогр. воды нагрѣваются на 1°. Слѣдовательно, теплота сгоранія водорода = 34000. Теплота сгоранія углерода, когда онъ соединяется съ кислородомъ въ углекислоту, = 800.

---

*) Гдѣ приходится измѣрять небольшія количества теплоты, тамъ пользуются, какъ единицей, тысячной долей калоріи; ее въ отличіе называютъ малой калоріей. Она отвѣчаетъ тому количеству тепла, которое въ состояніи нагрѣть 1 грм. воды на 1°. Въ физіологіи часто приходится имѣть дѣло еще съ меньшими количествами тепла, для которыхъ даже малыя калоріи слишкомъ большая мѣра. Въ такихъ случаяхъ пользуются тысячною частью малой калоріи, слѣдовательно, тѣмъ количествомъ тепла, которое нагрѣваетъ 1 миллигр. воды на 1°. Ее называютъ микрокалоріей. Большая калорія обозначается 1*Ca*, малая 1*ca*, микрокалорія 1*µca*. Итакъ:

$$1\,Ca = 1000\,ca = 1000000\,\mu ca$$

$$1\,ca = 1000\,\mu ca$$

Проявленіе при окисленіяхъ и другихъ процессахъ энергіи въ видѣ теплоты можетъ быть разсматриваемо, какъ случай превращенія энергіи положенія въ энергію движенія. Представимъ себѣ смѣсь кислорода и водорода, каждый изъ этихъ газовъ состоитъ изъ молекулъ, въ свою очередь состоящихъ изъ атомовъ; молекула кислорода состоитъ изъ двухъ атомовъ кислорода, молекула водорода изъ двухъ атомовъ водорода. Въ смѣси обоихъ газовъ эти оба рода молекулъ проникаютъ другъ друга; всѣ онѣ находятся въ живомъ движеніи и тѣмъ въ болѣе живомъ, чѣмъ выше температура газовой смѣси. Если внутри молекулъ, въ силу ли приближенія пламени, образованія электрической искры или какой нибудь другой причины, произойдутъ нарушенія, то кислородные и водородные атомы могутъ придти въ столь близкое соприкосновеніе, что они соединяются другъ съ другомъ и при томъ такъ, что каждые два водородные атома соединяются съ однимъ кислороднымъ, образуя молекулу воды. Слѣдовательно, водородные и кислородные атомы, пока они не соединены, представляютъ, вслѣдствіе ихъ взаимнаго сродства, случай энергіи положенія; они стремятся, такъ сказать, другъ къ другу, какъ стремится упасть висящій грузъ. При переходѣ атомовъ изъ одного положенія въ другое атомная энергія положенія превращается въ энергію молекулярнаго движенія. Происходитъ нагрѣваніе въ вышеприведенномъ размѣрѣ, т. е. для каждаго килограмма водорода оно равняется 34000 калорій. Подобное наблюдается при всѣхъ другихъ процессахъ горѣнія и вообще при образованіи химическихъ соединеній. Напротивъ, если химическія соединенія должны быть разложены, то атомная энергія положенія должна быть возстановлена. Слѣдовательно, должна быть произведена работа, какъ при поднятіи тяжести. Для этого необходимо примѣненіе другой энергіи, напримѣръ доставка тепла извнѣ.

Опредѣленными способами можно такъ воздѣйствовать, что энергія, освобождающаяся при химическихъ процессахъ, проявится вполнѣ или отчасти не въ формѣ теплоты, а въ видѣ другихъ формъ энергіи. Когда, какъ это имѣетъ мѣсто въ паровыхъ машинахъ, часть тепла превращается въ механическую работу, въ окружающее пространство отдается тепла меньше. Сумма этого, отданнаго окружающему пространству, тепла + работа (для нея долженъ быть подставленъ калорійный эквивалентъ, т. е. 1 *Ca* на 424 килограммометра) дастъ такое количество, какъ если бы вся энергія проявилась въ видѣ тепла. Общее количество энергіи остается, слѣдовательно, однимъ и тѣмъ же.

И въ живыхъ организмахъ совершаются процессы сгоранія, энергія ихъ проявляется либо въ видѣ тепла, либо въ видѣ механической работы. При этомъ механическая работа происходитъ отчасти прямо изъ химической энергіи, безъ того окольнаго пути, въ видѣ предварительнаго проявленія въ формѣ тепла, какъ это имѣетъ мѣсто въ паровыхъ машинахъ. Но и въ этомъ случаѣ сумма всѣхъ проявляющихся формъ энергіи должна быть постоянно равна той энергіи, которая можетъ быть вычислена изъ теплоты сгоранія при всѣхъ тѣхъ окисленіяхъ, которыя происходятъ внутри живого организма.

14. Энергія эфира. Подобно тому, какъ мы представляемъ себѣ, что молекулы внутри тѣла находятся въ колебательномъ движеніи, мы думаемъ также, что атомы движутся внутри каждой молекулы и что эти движенія тѣмъ живѣе, чѣмъ выше температура. При нѣкоторыхъ условіяхъ это можетъ вести къ тому, что сродство атомовъ, составляющихъ молекулу, преодолѣвается, и химическое соединеніе разлагается на болѣе простыя составныя части. Позднѣе мы еще разсмотримъ явленія этого рода. Точно также мы думаемъ, что молекулы или атомы эфира находятся въ безпрерывномъ колебательномъ движеніи. Соотвѣтственно этому и эфиру, слѣдовательно, присуща энергія, дѣйствія которой обнаруживаются въ явленіяхъ свѣта, электричества и магнитизма. Если то, что мы называли свѣтомъ, можетъ вызывать возбужденіе извѣстныхъ нервныхъ аппаратовъ, то онъ самъ долженъ быть видомъ энергіи. Такъ какъ свѣтовыя явленія привели къ представленію, что они покоятся на колебаніяхъ гипотетическаго эфира, то мы должны явленія, называемыя нами свѣтомъ, разсматривать, какъ случай энергіи движенія эфира.

Свѣтъ въ состояніи производить различныя дѣйствія. Если мы смѣшаемъ въ темнотѣ хлоръ и водородъ, то смѣсь можетъ быть очень долго сохраняема безъ измѣненія. Но какъ скоро выставить ее на свѣтъ, газы соединяются, образуя хлористо-водородный газъ и развивая боль-

шое количество тепла *). Если свѣтъ падаетъ на извѣстныя химическія соединенія, напримѣръ, хлористое серебро, то соединеніе разлагается. Въ другихъ случахъ свѣтъ можетъ пройти черезъ тѣло, не измѣняясь, или же онъ болѣе или менѣе имъ задерживается. Въ послѣднемъ случаѣ, если тѣла непрозрачны, они нагрѣваются, т. е. энергія движеній эфира переносится на матеріальныя молекулы, она превращается въ молекулярную энергію. Нѣчто подобное происходитъ и въ обоихъ, вышеприведенныхъ примѣрахъ. Но энергія молекулъ можетъ быть также перенесена на эфиръ. Когда температура матеріальнаго тѣла повышается, энергія колебаній его молекулъ усиливается. Энергія молекулярнаго движенія передается отчасти частицамъ эфира, находящимся въ межмолекулярныхъ пространствахъ, а отсюда частицамъ эфира, окружающимъ тѣло. Такимъ образомъ, отъ каждаго тѣла постоянно исходятъ эфирныя колебанія, распространяющіяся по всѣмъ направленіямъ. Когда эти колебанія достигаютъ нашей кожи, то они ощущаются, какъ тепло; если они падаютъ на другія тѣла, то температура послѣднихъ поднимается. Поэтому мы называемъ эту форму энергіи *лучистой теплотой*. Если число колебаній лежитъ между извѣстными предѣлами, то они могутъ оказывать дѣйствіе на наши зрительные нервы. Тогда мы говоримъ, что тѣла *свѣтятся* или что они испускаютъ свѣтъ.

Въ только что описанномъ случаѣ энергія молекулярнаго движенія превратилась въ энергію эфирнаго движенія, въ предшествующихъ случаяхъ, обратно, энергія эфирнаго движенія въ молекулярное движеніе **).

15. Электрическія явленія. Если мы два различныхъ металла, скажемъ цинкъ и платину, погрузимъ въ соотвѣтственную жидкость, то получаемъ такъ называемую гальваническую цѣпь. Если выступающіе концы металловъ соединить проволокою, то возникаетъ процессъ, обозначаемый нами, какъ *электрическій токъ*; послѣдній можетъ быть распознанъ по его дѣйствію, обнаруживающемуся какъ на проводникѣ, по которому онъ идетъ, такъ и внѣ его. Проводники отъ проходящаго по нимъ тока нагрѣваются или, если они химически разлагаемы (такъ называемые электролиты), то распадаются на свои составныя части; если пропускать токъ мимо подвижно подвѣшенной магнитной иглы, то она отклоняется отъ своего положенія покоя, обусловливаемаго земнымъ магнитизмомъ. По этимъ и другимъ дѣйствіямъ, мы распознаемъ, что то, что мы называемъ электрическимъ токомъ, представляетъ извѣстную форму энергіи, которую мы можемъ измѣрять посредствомъ ея дѣйствій и сравнивать съ другими формами энергіи.

Въ каждой гальванической цѣпи протекаютъ химическіе процессы. Металлическій цинкъ соединяется съ кислородомъ; если бы это окисленіе происходило при другихъ обстоятельствахъ, то оно вызвало бы только образованіе тепла. При условіяхъ же, данныхъ въ цѣпи, энергія вполнѣ или отчасти проявляется въ формѣ электрическаго тока. Часть этой энергіи превращается затѣмъ въ проводникахъ снова въ молекулярное тепловое движеніе или, при прохожденіи черезъ электролитъ, употребляется на его разложеніе. Точныя измѣренія показали, что энергія, проявляющаяся въ цѣпи тока, т. е. самъ электрическій токъ, разложеніе электролита, образованіе тепла и т. д., зависитъ отъ количества окисленнаго цинка и всегда равнозначуща или эквивалентна теплотѣ сгоранія, найденной при окисленіи цинка другимъ путемъ ***).

---

*) Развитіе тепла основывается, какъ всегда при возникновеніи химическаго соединенія, на превращеніи химической энергіи положенія въ энергію молекулярнаго движенія. Дѣйствіе свѣта состоитъ только въ возбужденіи процесса соединенія смѣшанныхъ составныхъ частей. Если газы смѣшаны въ такомъ отношеніи, въ какомъ они соединяются (равные объемы), то соединеніе подъ вліяніемъ интенсивнаго свѣта происходитъ съ большею быстротою, происходитъ сильный взрывъ. Поэтому производство опыта требуетъ осторожности. Ср. также примѣч. 2 къ стр. 69.

**) Подобное превращеніе происходитъ также, когда эфирныя колебанія достигаютъ нашей кожи, все равно, были ли они раньше видимы или нѣтъ. Они повышаютъ энергію молекулярнаго движенія въ кожѣ; это повышеніе молекулярнаго движенія ощущается, какъ тепло.

***) Если одна форма энергіи превращается въ другую, то нельзя прямо говорить о равенствѣ, такъ какъ дѣйствія выражаются различными мѣрами. Такъ, механическую работу мы измѣряемъ въ килограммометрахъ, теплоту въ калоріяхъ. Мы видѣли, что при превращеніи первой

Электрическій токъ можетъ производить также моторныя или механическія дѣйствія, т. е. вызывать движеніе массъ, равнымъ образомъ и механическая работа можетъ возбуждать электрическій токъ. Послѣднее, какъ извѣстно, въ большомъ масштабѣ примѣняется теперь при техническомъ добываніи сильныхъ токовъ. И въ этихъ случаяхъ между механической и вызванной ею электрической энергіей, а также между всѣми, произведенными ею, дѣйствіями существуютъ опредѣленныя отношенія такого рода, что общее количество проявившейся въ различныхъ формахъ энергіи эквивалентно количеству энергіи двигающихся массъ, употребленной для образованія токовъ. Если они получены при помощи паровыхъ машинъ или какихъ либо подобныхъ приспособленій, то можно вмѣсто механической энергіи прямо сравнивать теплоту сгоранія, потребную для ея проявленія, съ обнаруженной электрической энергіей.

16. Неизмѣняемость количества энергіи. Изъ всего этого вытекаетъ, что различныя формы энергіи могутъ превращаться другъ въ друга, но что общее количество энергіи при этихъ превращеніяхъ ни уменьшается, ни увеличивается. Чтобы доказать это должно принимать въ соображеніе превращенія энергіи, происходящія въ опытахъ безъ нашего вмѣшательства; эти превращенія могутъ быть сведены нами къ небольшому объему, но никогда не могутъ быть совершенно устранены. Они даютъ поводъ къ потерямъ полезной энергіи. Но чѣмъ тщательнѣе принимаются во вниманіе всѣ стороны какого-нибудь сложнаго явленія, тѣмъ полнѣе подтверждается положеніе о неизмѣняемости количества энергіи. Поэтому положеніе это, какъ и положеніе о неизмѣняемости матеріи, представляетъ индуктивное заключеніе изъ очень большого числа отдѣльныхъ наблюденій, среди которыхъ нѣтъ ни одного, имъ противорѣчащаго. А такъ какъ всѣ логическія дедукціи изъ этого индуктивнаго заключенія подтверждаются наблюденіями, а предположеніе объ измѣнчивости количества энергіи ведетъ къ слѣдствіямъ, противорѣчащимъ наблюденію, то мы признаемъ эти заключенія за основной законъ, который мы, аналогично выведенному въ четвертой главѣ основному закону о неизмѣнности матеріи, выразимъ такъ:

Второе основное положеніе естествознанія:

Сумма всей существующей въ природѣ энергіи неизмѣнна; ни однимъ изъ извѣстныхъ явленій природы она не можетъ быть ни увеличена, ни уменьшена *).

Бросимъ еще разъ взглядъ на тѣ различныя формы энергіи, съ которыми мы познакомились. Примѣнительно къ движеніямъ какъ цѣлыхъ массъ или матеріальныхъ молекулъ (напр., атомовъ) такъ и эфира мы можемъ различать:

1) Энергію положенія массъ; примѣры: поднятый камень, высоко лежащій прудъ и т. д.

2) Энергію движенія массъ; примѣры: вышущенная изъ ружья пуля, падающій камень.

3) Энергію молекулярнаго положенія; примѣры: напряженная пружина, сжатый воздухъ и т. д.

Подраздѣленіе 3 а) Энергію атомнаго положенія; химическое сродство.

въ послѣднюю на каждую калорію приходится 424 килограммометра работы. Обратно работой въ 424 килограммометра можно образовать количество тепла, равное 1 *Ca*. Для такихъ отношеній употребляютъ выраженіе эквивалентности. 1 *Ca*, слѣдовательно, эквивалентна 424 килограммометрамъ. Электрическій токъ измѣряютъ такъ называемой силой тока или интенсивностью электрическаго тока. Единицей мѣры служитъ количество металла, выдѣляемаго электролизомъ изъ солевого раствора въ теченіи секунды.

*) Это положеніе обыкновенно называется положеніемъ о сохраненіи энергіи или силы, аналогично положенію о сохраненіи матеріи, о которомъ была рѣчь въ 4-й главѣ § 11.

4) Энергію молекулярнаго движенія; примѣръ: нагрѣтое тѣло *).

Подраздѣленіе 4 а) Энергію атомнаго движенія; переходящая, напримѣръ, при окисленіяхъ въ энергію молекулярнаго движенія въ видѣ теплоты сгоранія.

5) Энергію положенія въ эфирѣ: явленія покоящагося электричества и аналогичныя явленія магнитизма.

6) Энергію движенія въ эфирѣ: явленія свѣта, лучистая теплота и электрическіе токи и аналогичныя явленія магнетизма.

Какую степень достовѣрности можемъ мы приписать двумъ главнымъ положеніямъ естествознанія, положенію о неизмѣняемости матеріи и положенію о неизмѣняемости энергіи?

Конечно, невозможно прослѣдить съ помощью вѣсовъ всѣ отдѣльные случаи измѣненія веществъ и установить, что при этомъ въ вѣсѣ ничего не теряется и ничего не прибываетъ, что сумма массы, принимающей участіе въ этихъ превращеніяхъ, остается неизмѣнной. Но во всѣхъ опытахъ, произведенныхъ съ величайшею тщательностью, эта неизмѣнность была всегда находима. Тысячи и тысячи точныхъ взвѣшиваній были произведены съ тѣхъ поръ, какъ Лавуазье доказалъ неизмѣняемость вѣса при химическихъ процессахъ, и теперь въ лабораторіяхъ производятся ежедневно новыя взвѣшиванія; и ни разу не было найдено ни одного исключенія. Тоже самое относится и къ положенію о сохраненіи энергіи. Потребныя для обнаруженія этого положенія измѣренія трудны, требуютъ хорошихъ аппаратовъ и самой тщательной работы. Гдѣ все это было осуществляемо, результатъ всегда получался одинъ и тотъ же. Ни разу нельзя было обнаружить ни потери, ни наростанія энергіи. Затѣмъ мы видѣли, что если-бы положеніе это было неправильно, то устройство perpetuum mobile должно было бы оказаться возможнымъ. Но такъ какъ это, не смотря на безчисленныя старанія, направленныя въ эту сторону, ни разу не удалось, то мы можемъ обратно разсматривать правило о невозможности устройства perpetuum mobile, основанное на многочисленныхъ наблюденіяхъ, за доказательство положенія о неизмѣнности запаса энергіи. Короче, мы вправѣ эти оба основныя положенія, какъ самыя широкія обобщенія, выведенныя изъ наблюденія, разсматривать доказанными настолько, насколько это вообще возможно при индуктивныхъ заключеніяхъ. Поэтому мы, при изслѣдованіи всѣхъ явленій природы, кладемъ въ основаніе нашего разсмотрѣнія эти положенія, какъ сами по себѣ понятныя предположенія, и находимъ, насколько простирается научное наблюденіе, что выводимыя изъ этихъ положеній слѣдствія всегда подтверждаются. Точное изслѣдованіе всѣхъ явленій въ живыхъ организмахъ и взаимодѣйствія между ними и окружающею средою не дало ни одного случая, который противорѣчилъ бы этимъ двумъ основнымъ законамъ. Поэтому, мы считаемъ себя вправѣ положить ихъ въ основу научнаго изученія жизненныхъ явленій, какъ руководящія положенія **).

17. Освобожденіе. Прежде чѣмъ оставить эту область, мы должны еще коснуться одного пункта, имѣющаго особый интересъ для физіологіи. Мы видѣли, что энергія положенія, какъ напримѣръ это имѣетъ мѣсто въ случаѣ поднятаго груза, напряженной пружины или сжатаго воздуха, можетъ быть сохранена, чтобы въ любое время быть превращенной въ энергію движенія. Шаръ, покоящійся на подставкѣ, скажемъ, на высотѣ 10 м., можетъ лежать тамъ дни, мѣсяцы или годы; только въ случаѣ, если сдвинуть его легкимъ толчкомъ за край подставки или отнять самую подставку, онъ можетъ упасть. Равнымъ образомъ, пружинное ружье не выстрѣлитъ раньше, чѣмъ не будетъ отодвинутъ крючекъ, сдерживающій пружину въ напряженномъ положеніи; духовое ружье—раньше, чѣмъ не будетъ открытъ клапанъ.

---

*) Такъ какъ каждое тѣло имѣетъ опредѣленную температуру, то оно представляетъ также постоянно запасъ молекулярной энергіи; она тѣмъ больше, чѣмъ выше температура. Работа посредствомъ энергіи этого рода можетъ быть произведена только тогда, когда при разницѣ температуръ теплота болѣе нагрѣтаго тѣла переходитъ на болѣе холодное.

**) Живой міръ, какъ цѣлое, представляетъ, какъ это позднѣе будетъ изложено подробнѣе, громадный примѣръ для обоихъ основныхъ положеній о неизмѣнности матеріи и энергіи.

Поднятый шаръ, напряженная пружина и т. д. представляютъ, слѣдовательно, случаи запасной энергіи; но требуется вспомогательное дѣйствіе, чтобы осуществить переходъ энергіи положенія въ энергію движенія *). Это вспомогательное дѣйствіе не стоитъ ни въ какомъ опредѣленномъ отношеніи къ освобождающейся энергіи. Очень слабый толчекъ можетъ сдвинуть шаръ за край подставки; количество энергіи движенія, которое затѣмъ получаетъ шаръ, нисколько не зависитъ отъ силы этого толчка, а только отъ падающей массы и отъ высоты паденія. Дуновеніе вѣтра или легкое сотрясеніе, произведенное ногою серны можетъ ниспровергнуть кусокъ скалы или лавину, которыя затѣмъ въ состояніи произвести огромныя разрушенія. Не иначе обстоитъ дѣло и въ случаяхъ съ пружиннымъ или духовымъ ружьемъ; дѣйствіе ими производимое, зависитъ отъ напряженія пружины или сжатаго воздуха, но не отъ энергіи, употребленной для движенія сдерживающаго пружину крючка или для открытія клапана.

Слѣдовательно, энергія, проявляющаяся при послѣдующемъ движеніи, не есть энергія вспомогательнаго дѣйствія. Вспомогательное дѣйствіе служитъ только для того, чтобы энергію положенія сдѣлать свободной или, иначе говоря, ее освободить. Подобное же наблюдается въ большинствѣ случаевъ превращенія химической энергіи положенія въ энергію движенія. Искра, взрывающая бочку съ порохомъ, спускъ курка въ заряженномъ ружьѣ, воспламеняющій патронъ; электрическая искра, приводящая къ соединенію водорода съ кислородомъ съ образованіемъ воды; все это примѣры освобожденія энергіи **). То, что освободилось въ этихъ случаяхъ, представляетъ энергію положенія, называемую нами химическимъ сродствомъ. То, что при этомъ проявляется въ видѣ энергіи движенія, будетъ ли это теплота, механическая работа или какая-нибудь другая форма энергіи, зависитъ не отъ величины энергіи, употребленной для освобожденія, а только отъ количества освобожденной энергіи положенія. Къ разряду освобожденія принадлежатъ также раздраженія, играющія большую роль въ жизненныхъ явленіяхъ. Относительно нихъ рѣчь будетъ позднѣе.

18. Постепенное освобожденіе. Вовсе нѣтъ необходимости, чтобы, вслѣдствіе освобожденія, вся энергія положенія тотчасъ перешла въ энергію движенія. Если въ духовомъ ружьѣ открывать клапанъ только на короткое время, то выдѣлится только часть сжатаго воздуха; въ оставшемся воздухѣ заключается еще энергія положенія. Новое открытіе клапана можетъ освободить еще часть ея и т. д. При достаточно большой воздушной камерѣ и достаточномъ сжатіи можно поэтому изъ такого ружья выстрѣлить нѣсколько разъ. Еще болѣе поучительный примѣръ представляютъ каждые часы. Для завода часовъ нужно затратить извѣстную работу или для поднятія гири или для натяженія пружины. При заводѣ часовъ, слѣдовательно, энергія движенія превращается въ энергію положенія. При ходѣ часовъ послѣдняя обратно переходитъ въ энергію движенія; или гиря опускается, или уменьшается напряженіе пружины, и вмѣстѣ съ тѣмъ приходятъ въ движеніе колеса и стрѣлки. Но это обратное превращеніе происходитъ отдѣльными, ритмическими разряженіями, при чемъ вслѣдствіе движенія маятника и собачки освобождается всегда только часть энергіи положенія, остатокъ же удерживается сохраненнымъ. Такимъ образомъ происходитъ, что энергія, затраченная нами на заводъ часовъ въ продолженіе нѣсколькихъ секундъ, расходуется, какъ бы гомеопатическими дозами, въ продолженіе многихъ часовъ, а въ нѣкоторыхъ часахъ въ продолженіе дней и даже мѣсяцевъ. Подобные процессы встрѣчаются и въ жизненныхъ явленіяхъ. Только надлежащее знакомство съ обоими основными законами естествознанія сдѣлало возможнымъ истинное, научное познаніе относящихся сюда физіологическихъ процессовъ.

---

*) Отсюда обозначеніе «потенціальная энергія». Срав. гл. V § 7.

**) Къ разряду освобожденія принадлежитъ также упомянутое выше на стр. 65 дѣйствіе свѣта на смѣсь хлора съ водородомъ.

ШЕСТАЯ ГЛАВА.

Свойства газовъ и жидкостей.

1. Свойства тѣлъ. Мы видѣли, что всѣ явленія природы можно раздѣлить на двѣ группы, явленія физическія и химическія (гл. 4. § 8). Послѣднія обыкновенно наблюдаются тамъ, гдѣ встрѣчаются два различныя вещества. О нихъ рѣчь будетъ ниже. Раньше же мы разсмотримъ извѣстное число чисто физическихъ явленій, играющихъ роль въ жизненныхъ процессахъ.

Всѣ процессы зависятъ отъ свойствъ веществъ, на которыхъ они проявляются и отъ ихъ состояній *). Свойства веществъ зависятъ отъ ихъ химическаго характера. Каждый элементъ обладаетъ неизмѣнными свойствами, также какъ и каждое опредѣленное химическое соединеніе. Но въ природѣ встрѣчаются также смѣси съ опредѣленными, обыкновенно только въ узкихъ предѣлахъ колеблющимися отношеніями ихъ составныхъ частей; у другихъ въ свою очередь и распредѣленіе составныхъ частей представляется опредѣленнымъ. Во всѣхъ этихъ случаяхъ и смѣси имѣютъ опредѣленныя свойства, такъ что о нихъ можно говорить, какъ о простыхъ веществахъ или какъ о химическихъ соединеніяхъ.

Такъ атмосферный воздухъ, представляющій смѣсь кислорода, азота и незначительныхъ слѣдовъ другихъ газовъ, обладаетъ почти постояннымъ составомъ и потому имѣетъ совершенно опредѣленныя свойства. Тоже самое относится къ крови, молоку, мочѣ и т. д.; хотя наблюдаемыя въ составѣ послѣднихъ колебанія не заключены въ столь узкія границы, какъ у воздуха, однако, они всегда настолько малы, что позволяютъ говорить объ этихъ жидкостяхъ, какъ о своего рода тѣлахъ, обладающихъ опредѣленными свойствами.

Слѣдующіе примѣры могутъ пояснить значеніе *распредѣленія*. Минералъ *кварцъ* представляетъ химическое соединеніе элементовъ кремнія и кислорода; другой минералъ *слюда* состоитъ изъ соединенія кремнія, кислорода, аллюминія, калія и водорода; третій *полевой шпатъ*—изъ калія, аллюминія, кремнія и кислорода. А всѣ три минерала, извѣстнымъ образомъ соединенные, образуютъ горную породу съ совершенно опредѣленными свойствами—*гранитъ*.—Извѣстное число соединеній, содержащихъ углеродъ, кислородъ и водородъ, въ опредѣленныхъ отношеніяхъ, объединяются подъ именемъ *углеводовъ*. Другія соединенія, содержащія тѣже элементы, но въ другихъ отношеніяхъ, образуютъ группу *жировъ*. Изъ элементовъ кислорода, водорода, углевода и азота, по большей части еще и небольшихъ количествъ фосфора и сѣры, состоятъ соединенія, обозначаемыя *протеиновыми или бѣлковыми тѣлами*. Вещества этихъ трехъ группъ, въ различныхъ отношеніяхъ смѣшанныя между собою, съ водою и солями, растворенными въ послѣдней, образуютъ массы, составляющія тѣло живыхъ организмовъ. Эти смѣси организованы въ клѣтки, волокна и т. д. Изъ нихъ состоятъ *ткани и органы* и, наконецъ, все тѣло живыхъ организмовъ съ присущими всѣмъ животнымъ и растеніямъ свойствами.

Мы начнемъ разсмотрѣніе общихъ свойствъ веществъ лучше всего съ обсужденія газообразнаго состоянія, такъ какъ при немъ отношенія представляются болѣе простыми и болѣе доступными разсмотрѣнію. Мы имѣемъ достаточное основаніе принять, что въ газахъ молекулы очень далеко удалены другъ отъ друга **). Поэтому, онѣ или совсѣмъ не дѣй-

*) При послѣдующихъ разсужденіяхъ мы совершенно оставляемъ въ сторонѣ явленія тяжести, совершенно одинаково свойственныя всей матеріи.

**) Всѣ газы имѣютъ очень незначительный удѣльный вѣсъ сравнительно съ жидкими и твердыми тѣлами.

ствуютъ другъ на друга или очень мало; каждая молекула, независимо отъ своихъ сосѣдей, можетъ подчиняться вліяніямъ, побуждающимъ ее къ движенію. Отсюда происходитъ то, что, какъ мы сейчасъ это увидимъ, всѣ газы въ физическомъ отношеніи обладаютъ совершенно одинаковыми свойствами, что гораздо рѣже бываетъ среди жидкихъ и твердыхъ тѣлъ.

При опытахъ съ газами послѣдніе должны быть заключены въ сосуды. На рис. 5 представленъ подходящій аппаратъ для домонстраціи свойствъ газовъ. Отъ общей трубки отходятъ четыре тонкія стеклянныя трубки, подобно свѣчамъ въ канделябрѣ. Общая трубка дугообразно согнута кверху; она выше остальныхъ и открыта сверху. Четыре, болѣе короткія, могутъ запираться находящимися сверху стеклянными кранами; всѣ пять трубокъ снабжены дѣленіями, позволяющими отсчитывать объемъ газовъ, заключенныхъ въ трубкахъ и высоту стоянія ртути въ нихъ. Нѣсколько выше изгиба высокой, открытой сверху трубки, присоединена къ ней короткая трубочка, могущая запираться краномъ h_5. Вся система наполняется ртутью, наливаемою черезъ трубку r; затѣмъ въ каждую изъ боковыхъ трубокъ посредствомъ верхнихъ кранов впускаются газы, причемъ ртуть вытекаетъ снизу, затѣмъ верхніе краны запираются. Такимъ образомъ, первая трубка наполняется водородомъ, вторая—кислородомъ, третья—атмосфернымъ воздухомъ и четвертая—болотнымъ газомъ. Изъ этихъ газовъ первые два—элементы, третій—представляетъ смѣсь, четвертый—химическое соединеніе водорода и углерода.

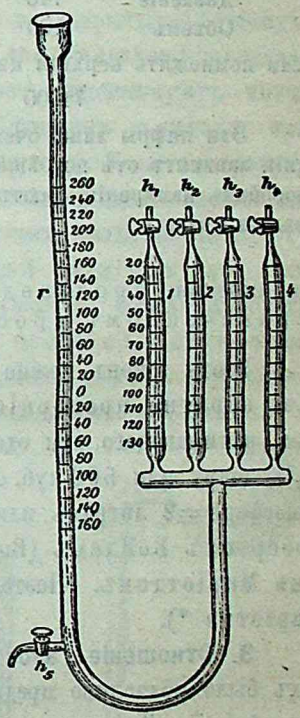


Рис. 5.

Аппаратъ для демонстраціи отношенія газовъ къ измѣненію давленія.

Четыре трубки 1, 2, 3, 4 сначала наполняются ртутью черезъ трубку r, затѣмъ, при посредствѣ ихъ кранов, четырьмя различными газами, при чемъ ртуть выпускается черезъ h_5. Вливаніемъ ртути въ r или выпусканіемъ ея черезъ h_5 можно привести газы къ различнымъ давленіямъ.

Если въ открытую трубку налить еще ртути, то она поднимется въ ней выше, чѣмъ въ закрытыхъ; если, при осторожно открытомъ кранѣ, выпускать ртуть, то она въ открытой трубкѣ падаетъ быстрѣе, чѣмъ въ закрытыхъ. Если ртуть въ открытой трубкѣ стоитъ на одинаковой высотѣ со ртутью въ закрытыхъ, то заключенные въ послѣднихъ газы совершенно точно находятся подъ тѣмъ же давленіемъ, что и воздухъ въ комнатѣ. Это послѣднее можно отсчитать по барометру. Если ртуть въ открытой трубкѣ стоитъ выше, то давленіе заключенныхъ газовъ выше атмосфернаго, если ниже, то и давленіе газовъ ниже *). Чтобы найти давленіе, подъ которымъ находятся газы, нужно разницу между высотой стоянія ртути въ трубкѣ r и другихъ или вычесть, или прибавить къ давленію, показываемому барометромъ.

2. Отношеніе газовъ при различныхъ давленіяхъ. Мы примемъ, что атмосферное давленіе равняется 740 мм., объемъ каждаго изъ четырехъ газовъ 100 к. см. Если повышать или понижать давленіе вышеописаннымъ образомъ, то объемы всѣхъ газовъ измѣняются совершенно одинаковымъ образомъ. При повышеніи давленія они уменьшаются, при пониженіи—увеличиваются. Чтобы объемъ со 100 к. см. довести до 90 к. см., мы должны прибавить столько ртути, чтобы она въ открытой трубкѣ стояла на 82 мм. выше; если мы разницу уровней доведемъ до 185 мм., то объемы всѣхъ газовъ редуцируются до 80 к. см. Если мы выпустимъ ртуть настолько, чтобы она въ открытой трубкѣ стояла на 67 мм. ниже, чѣмъ въ закрытыхъ, то объемъ газовъ будетъ $= 110$ к. см. Если разница уровней будетъ доведена до 124 мм., то объемъ будетъ $= 120$ куб. см.

*) Объ опредѣленіи атмосфернаго давленія по барометру см. § 6.

Мы, такимъ образомъ, видимъ: 1) что каждому давленію соотвѣтствуетъ опредѣленный объемъ; 2) что измѣненія объемовъ у различныхъ газовъ происходятъ одинаковымъ образомъ.

Чтобы отношенія между давленіями и объемами газовъ были яснѣе, мы сопоставимъ результаты опытовъ:

Давленіе	740	740+82	740+185	740—67	740—124 мм.
Объемъ	100	90	80	110	120 к. см.

или болѣе наглядно:

Давленіе	740	822	925	673	616 мм.
Объемъ	100	90	80	110	120 к. см.

Если помножить верхнія цифры на стоящія подъ ними то получимъ:

74000 73980 74000 74030 73920

Эти цифры лишь очень немного разнятся отъ 74000. Ближе всего принять, что эти колебанія зависятъ отъ погрѣшностей опыта. На самомъ дѣлѣ тщательныя опыты, при улучшенныхъ способахъ измѣренія, даютъ болѣе сходныя цифры. Если мы назовемъ объемъ v, давленіе p, то можемъ сказать

$$v.\ p = \text{constans}$$

или словами: произведеніе давленія на объемъ газа, заключеннаго въ ограниченномъ пространствѣ, величина постоянная.

Этотъ законъ можно выразить еще такъ: объемъ опредѣленнаго количества газа обратно пропорціоналенъ давленію, подъ которымъ находится газъ. Объемъ газа, занимающаго при одномъ атмосферномъ давленіи литръ, при 2 атмосферахъ будетъ $=^1/_2$ литру или 500 куб. см.; при 10 атмосферахъ$=^1/_{10}$ литра или 100 куб. см.; при полуатмосферѣ=2 литрамъ или 2000 куб. см. и т. д. Этотъ законъ былъ открытъ въ Англіи Робертомъ Бойлемъ (Boyle) еще въ 1662 г., а затѣмъ вторично, въ 1676 г., французомъ Маріоттомъ. Поэтому этотъ законъ называютъ закономъ Бойля или закономъ Маріотта *).

3. Отношеніе газовъ къ различнымъ температурамъ. При вышеописанныхъ опытахъ было молчаливо предположено, что температура газовъ въ теченіе опытовъ оставалась неизмѣнной. Но легко показать, что объемъ и давленіе газовъ въ высокой степени зависятъ отъ температуры.

Если одну изъ трубокъ зажать въ рукѣ, причемъ заключенный въ ней газъ нагрѣвается, то ртуть въ этой трубкѣ понижается. Если отнять руку, то нарушеніе выравнивается снова.

Чтобы вызвать продожительное нагрѣваніе и притомъ равномѣрное для всѣхъ трубокъ служитъ слѣдующее приспособленіе. Какъ показываетъ рис. 6, стержень канделябра проходитъ насквозь черезъ горизонтальную металлическую пластинку. На нее можетъ быть положенъ призматическій ящикъ, составленный изъ стеколъ. Ящикъ сверху и снизу снабженъ металлической оправой; къ нижней части ея сбоку придѣланы двѣ трубки, а къ верхней—одна. Нижнія трубки соединены съ выше расположенными жестяными сосудами k и w; одинъ изъ нихъ содержитъ холодную воду; вода другого нагрѣвается газовымъ пламенемъ. Если открыть одинъ изъ крановъ, запирающихъ эти трубки, въ ящикъ втекаетъ теплая или холодная вода, омываетъ стеклянныя трубки и, наконецъ, вытекаетъ сверху. Трубки съ заключенными въ нихъ газами могутъ быть, такимъ образомъ, нагрѣты или охлаждены и при томъ равномѣрно.

Если нагрѣть газы впусканіемъ теплой воды, то они расширяются, причемъ уровень ртути въ открытой трубкѣ повышается. Когда температура доведена до 28°, умѣряютъ токъ теплой воды и заботятся, регулируя газовое пламя, о сохраненіи этой температуры на нѣкоторое время. Выпусканіемъ нѣкотораго количества ртути приводятъ ея уровни въ

*) Законъ эмпирическій (ср. гл. 3, § 4). Только дальнѣйшія изслѣдованія могутъ показать, какъ далеко идетъ область его приложенія.

открытой и закрытыхъ трубкахъ къ одинаковой высотѣ. Тогда давленіе всѣхъ газовъ снова равняется атмосферному. Обнаруживается, что увеличеніе объема во всѣхъ четырехъ трубкахъ совершенно одинаковое. Если болѣе сильнымъ нагрѣваніемъ довести температуру до 38°, то снова происходитъ расширеніе и снова газы, послѣ приведенія ртути внутри и снаружи къ одинаковой высотѣ, занимаютъ всѣ одинаковый объемъ. Если теперь черезъ трубку, бывшую до сихъ поръ запертой, пропустить холодную воду, то можно понизить температуру до 28° и удержать ее нѣкоторое время на этой высотѣ. Газы сжимаются, ртуть въ закрытыхъ трубкахъ поднимается, въ открытой падаетъ. Если вливаніемъ ртути въ послѣднюю привести уровень ея къ одинаковой высотѣ съ ртутью въ закрытыхъ трубкахъ, то найдемъ, что объемы теперь совершенно точно соотвѣтствуютъ тѣмъ, которые наблюдались и раньше при той же температурѣ. Если температуру понизить до 18°, то найдемъ подобное же.

Мы видимъ, слѣдовательно: 1) что каждой температурѣ соотвѣтствуетъ опредѣленный объемъ; 2) что измѣненія объема у различныхъ газовъ происходятъ одинаковымъ образомъ.

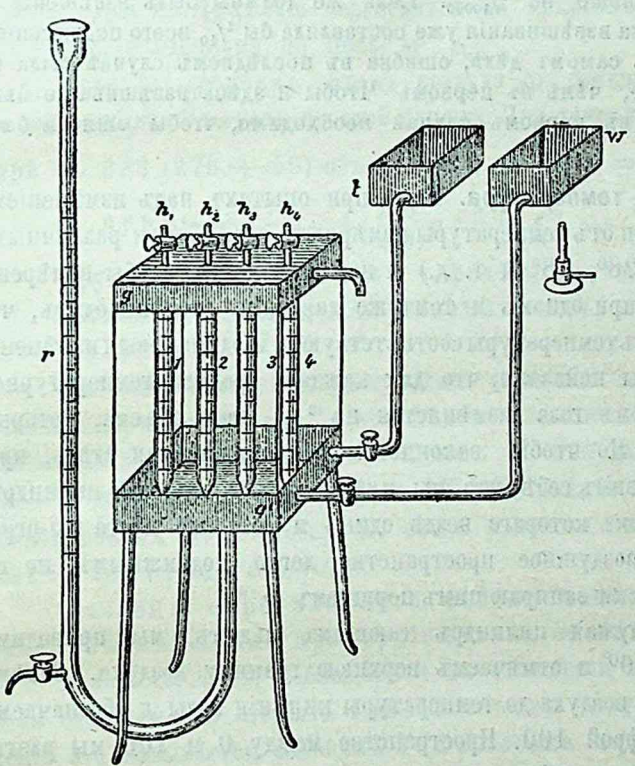


Рис. 6.

Аппаратъ для демонстраціи отношенія газовъ къ колебаніямъ температуры.

Аппаратъ подобенъ представленному на рис. 5, только трубки окружены стекляннымъ футляромъ gg', черезъ нижнюю оправу его проходятъ двѣ трубки, черезъ верхнюю одна. Черезъ первыя можно впустить въ ящикъ или теплую или холодную воду, находящуюся въ ваннахъ k и w. Такимъ образомъ, 4 газа приводятся къ одной и при томъ одинаковой для нихъ всѣхъ температурѣ.

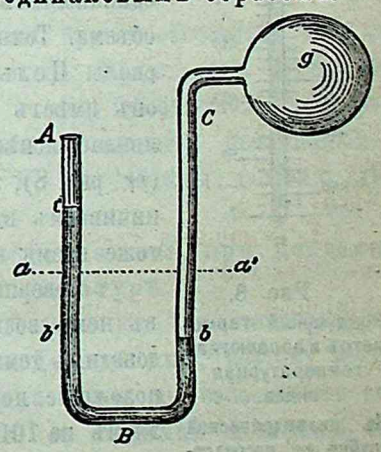


Рис. 7.

Повышеніе давленія отъ нагрѣванія.

Прикладываніемъ руки къ стекляному шару g содержащійся въ немъ воздухъ нагрѣвается. Жидкость раньше стоявшая въ колѣнахъ ABC на высотѣ aa', падаетъ теперь въ колѣнѣ BC до b и повышается въ колѣнѣ BA до C.

Такимъ образомъ, съ повышеніемъ температуры объемъ газовъ увеличивается, съ повышеніемъ давленія — уменьшается. Поэтому, если мы нагрѣваемъ опредѣленное количество газа, препятствуя его расширенію, то давленіе должно подняться. Это легко показать на опытѣ (рис. 7).

Въ склянкѣ, вмѣстимостью около 1 л., находится воздухъ. Склянка соединена съ U—образно согнутой трубкой, наполненной жидкостью; она служитъ манометромъ *). При нагрѣваніи воздуха, жидкость въ открытомъ колѣнѣ манометра повышается, показывая этимъ, что давленіе въ склянкѣ увеличилось.

*) Относительно теоріи манометра срав. § 6.

Объемъ воздуха при этомъ, конечно, измѣнился; онъ увеличился на ту величину, на которую упала жидкость манометра въ колѣнѣ U—образной трубки, соединенномъ съ склянкой. Такъ какъ трубка манометра узка, то это увеличеніе объема по сравненію съ общимъ объемомъ воздуха настолько незначительно, что мы можемъ имъ пренебречь. Если бы трубка манометра не была узка, то произошло бы какъ измѣненіе объема, такъ и измѣненіе давленія; такъ что при вычисленіи результатовъ опыта нужно было бы обратить вниманіе на о б а измѣненія. При практическомъ осуществленіи опытовъ очень часто обнаруживается невозможность совершенно точно выполнить всѣ теоретически требуемыя для нихъ условія. Если ошибка сравнительно съ тѣмъ, что должно быть наблюдаемо, о ч е н ь м а л а или, если возможно опредѣлить величину ошибки, то результаты годны. Дѣло идетъ здѣсь не объ а б с о л ю т н о й величинѣ ошибки, а только объ о т н о с и т е л ь н о й. Если нужно опредѣлить вѣсъ въ 10 кило, то при ошибкѣ въ 1 грм., результатъ былъ бы или больше или меньше на $^1/_{10000}$. Если же должны быть взвѣшены 10 грм. то подобная ошибка взвѣшиванія уже составляла бы $^1/_{10}$ всего подлежащаго опредѣленію числа. Въ самомъ дѣлѣ, ошибка въ послѣднемъ случаѣ была бы въ 1000 разъ больше, чѣмъ въ первомъ. Чтобы и здѣсь взвѣшиваніе было также точно, какъ и въ первомъ случаѣ необходимо, чтобы ошибка была не больше 1 мгрм.

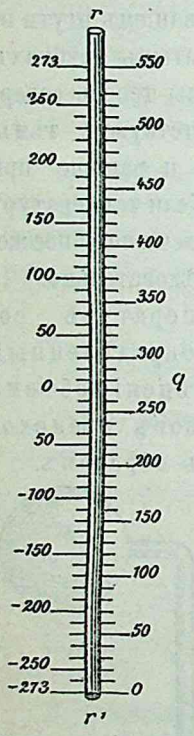


Рис. 8.

Воздушный термометръ и абсолютная температурная скала.

Въ цилиндрической трубкѣ rr' посредствомъ небольшого ртутнаго столбика заперто опредѣленное количество воздуха. При температурѣ таянія льда столбикъ стоитъ въ серединѣ трубки. Съ лѣвой стороны обозначены градусы по скалѣ Ц е л ь с і я, съ правой по а б с о л ю т н о й. Подробности см. въ текстѣ.

4. Абсолютная температура. Если при опытахъ надъ измѣненіемъ объема въ зависимости отъ температуры измѣряютъ объемы при различныхъ температурахъ (18°, 28°, 38° и т. д.) и при томъ такъ, чтобы измѣреніе производилось всегда при одномъ и томъ же давленіи, то находятъ, что одинаковымъ разницамъ температуры соотвѣтствуютъ и одинаковыя измѣненія объема. Точные опыты показали, что для каждаго градуса температурной скалы Ц е л ь с і я объемъ газа измѣняется на $^1/_{273}$ того объема, который онъ имѣетъ при 0°. Но чтобы законность обнаруживаемая здѣсь, проявилась яснѣе, представимъ себѣ, что мы имѣемъ узкій, высокій цилиндръ, (rr' рис. 8), поперечникъ котораго вездѣ одинъ и тотъ же и что мы ограничиваемъ въ немъ воздушное пространство легко подвижнымъ, но въ тоже время герметически запирающимъ поршнемъ q *).

Совершенно окружая цилиндръ тающимъ льдомъ, мы приводимъ въ немъ воздухъ къ 0° и отмѣчаемъ верхнюю границу воздуха. Затѣмъ доводимъ температуру воздуха до температуры кипѣнія воды и обозначаемъ положеніе поршня цифрой 100. Пространство между 0 и 100 мы раздѣляемъ на 100 равныхъ частей и называемъ каждую такую часть градусомъ. Такимъ образомъ, мы устраиваемъ т е р м о м е т р ъ и именно в о з д у ш н ы й т е р м о м е т р ъ. Скала, сообразно которой мы нанесли дѣленія, есть такъ называемая скала Ц е л ь с і я. Эту скалу, подобнымъ же образомъ, мы продолжаемъ ниже нулевого пункта и обозначаемъ эти градусы (въ отличіе отъ лежащихъ выше нуля) какъ отрицательные. Это дѣленіе на рисункѣ представлено слѣва.

Если бы мы это произвели, то увидѣли бы, что отъ нулевого пункта до основанія цилиндра нашли бы себѣ мѣсто 273 дѣленія. Каждое изъ этихъ дѣленій даетъ величину объема для отграниченнаго количества воздуха, занимаемаго имъ при температурѣ, обозначаемой чертой. Если мы обозначимъ объемъ при 0° черезъ v, то при температурѣ $+ 50°$ онъ долженъ быть $= v + \frac{50}{273} v$; при температурѣ $+ 100°$ мы имѣли бы объемъ $v + \frac{100}{273} v$; при $-100°$ объемъ $v - \frac{100}{273} v$ и т. д.

*) Мы можемъ представить себѣ, если цилиндръ очень узокъ, что поршнемъ является столбикъ ртути. Если мы сдѣлаемъ этотъ столбикъ длиною въ 20 мм., и если, какъ мы принимаемъ, стояніе барометра=740 мм., то заключенный воздухъ находится подъ нормальнымъ давленіемъ въ 760 мм.

Дѣленіе на градусы Цельсія является произвольнымъ, не обусловленнымъ никакими основаніями, имѣющимися въ природѣ. Оно принимается вездѣ потому, что постоянныя точки 0° и 100° (точка таянія льда и кипѣнія воды) легко и точно могутъ быть опредѣлены. Но мы можемъ, на основаніи этой скалы, построить другую, которая теоретически будетъ лучше обоснована и представитъ извѣстныя преимущества. Такая скала представлена съ правой стороны рисунка.

Именно, если мы у основанія нашего цилиндра поставимъ 0 и будемъ считать отъ него кверху, то на мѣсто—100 придется 173, но мѣсто 0—273, на мѣсто +100—373 и т. д. Эту скалу, совершенно не имѣющую отрицательныхъ градусовъ, такъ какъ нулевая точка лежитъ ниже всего, называютъ абсолютной температурной скалой. Показанія температуры по Цельсію переводятся на показанія абсолютной скалы прибавленіемъ 273 къ числу, найденному по Цельсію *).

Если мы сравнимъ объемъ воздуха съ температурами, обозначенными по этой скалѣ, то обнаруживается очень простой законъ. При температурѣ въ 273 объемъ $= v$; при температурѣ въ 323 (273 + 50) объемъ $= v + \frac{50}{273} v = v \left(1 + \frac{50}{273}\right) = v \frac{323}{273}$; при температурѣ въ 373 объемъ $= v + \frac{100}{273} v = v \left(1 + \frac{100}{273}\right) = \frac{373}{273} v$ и т д.

Другими словами: объемъ опредѣленнаго, отграниченнаго количества газа при давленіи, остающемся неизмѣннымъ, прямо пропорціоналенъ абсолютной температурѣ.

На основаніи этихъ разсужденій возможно вывести, какъ будетъ относиться газъ къ нагрѣванію, если онъ не будетъ имѣть возможности расширяться. Представимъ себѣ, что извѣстное количество газа съ объемомъ V, при давленіи p и при (абсолютной) температурѣ T доведено до температуры $2T$; оно должно, если давленіе остается неизмѣннымъ, занять объемъ $2V$. Чтобы его снова привести къ объему V, мы должны давленіе сдѣлать $= 2p$. Отсюда слѣдуетъ:

Давленіе опредѣленнаго, отграниченнаго количества газа, при постоянномъ объемѣ, прямо пропорціонально абсолютной температурѣ.

Закономѣрность, наблюдаемая въ отношеніи объемовъ газовъ къ ихъ температурѣ, была одновременно открыта Гэй-Люссакомъ (Gay-Lussac) и Дальтономъ, поэтому положеніе это называется закономъ Гэй-Люссака или Дальтона. Если мы сопоставимъ его содержаніе съ содержаніемъ закона Бойля или Маріотта, то получимъ положеніе, въ которомъ заключается все, относящееся къ объему и давленію газовъ:

Объемъ опредѣленнаго количества газа прямо пропорціоналенъ его абсолютной температурѣ и обратно пропорціоналенъ давленію, подъ которымъ онъ находится **).

5. Отношеніе газовыхъ молекулъ. Мы видѣли, что то, что мы называемъ теплотою, можетъ быть обозначено какъ родъ молекулярнаго движенія. Чѣмъ выше температура

---

*) Всѣ температурныя данныя приводятся въ этой книгѣ или по скалѣ Цельсія или по абсолютной; гдѣ обозначенія сдѣланы по послѣдней, тамъ это указывается. Для обозначенія температуры по скалѣ Цельсія употребляется буква t, для обозначенія по абсолютной скалѣ буква T.

**) При производствѣ физическихъ, химическихъ и физіологическихъ опытовъ приходится часто производить измѣреніе объемовъ газовъ. Такъ какъ эти измѣренія производятся при различныхъ температурахъ и давленіи, то они не могутъ быть сравниваемы между собою. Поэтому обыкновенно перечисляютъ объемы на тотъ объемъ, который занялъ бы газъ при опредѣленной температурѣ (0°) и опредѣленномъ давленіи (760 мм. ртутнаго давленія, среднее давленіе атмосферы на уровнѣ моря). Этотъ объемъ называютъ приведеннымъ объемомъ. Способъ перечисленія понятенъ изъ только что изложенныхъ законовъ.

какого нибудь тѣла, тѣмъ больше должна быть энергія этого движенія. На основаніи предположенія, что молекулы газовъ относительно очень далеко отдалены другъ отъ друга, оправдывается представленіе, что ихъ молекулы проходятъ въ прямолинейномъ направленіи длинные пути съ значительною скоростью, пока онѣ или не ударятся въ отграничивающія ихъ стѣнки или пока онѣ не столкнутся на своемъ пути съ другими молекулами. Затѣмъ онѣ, какъ упругія тѣла, продолжаютъ свое движеніе въ измѣненномъ направленіи *). Скорость движенія отдѣльныхъ молекулъ можетъ быть не у всѣхъ одинакова. Но мы можемъ для нея подставить среднюю скорость. Чѣмъ выше температура, тѣмъ больше эта средняя скорость, тѣмъ больше, слѣдовательно, и энергія, присущая молекуламъ.

Представимъ себѣ опредѣленное количество газа, заключенное въ какомъ нибудь пространствѣ, скажемъ въ кубѣ со сторонами въ 1 дцм., слѣдовательно, вмѣстимостью въ 1 литръ. Это количество газа состоитъ изъ неизвѣстнаго, но, все-таки, опредѣленнаго числа молекулъ. Мы назовемъ это число n. Каждая изъ этихъ молекулъ можетъ пройти путь въ 1 дцм., прежде чѣмъ достигнетъ со свойственной ей скоростью стѣнки куба. Въ опредѣленный промежутокъ времени, скажемъ въ 1 сек., въ каждую стѣнку ударится опредѣленное число молекулъ. Каждая молекула имѣетъ очень малую, но опредѣленную массу m и среднюю скорость v; слѣдовательно, ея энергія $= {}^1/_2\ mv^2$. Если мы примемъ, что въ частицу разсматриваемаго нами времени въ каждый квадратный сантиметръ 6-ти плоскостей нашего куба ударится a молекулъ, то общее дѣйствіе на каждую изъ этихъ частей плоскости будетъ $= a\ {}^1/_2\ mv^2$.

6. Измѣреніе газоваго давленія. Представимъ себѣ, что кубъ, наполненный газомъ, вполнѣ окруженъ безвоздушнымъ пространствомъ и что мы вырѣзаемъ въ одной изъ стѣнокъ его отверстіе въ 1 кв. см. Въ такомъ случаѣ молекулы, достигающія этой поверхности, могли бы безпрепятственно уходить наружу. По истеченіи нѣкотораго времени всѣ n молекулъ должны были бы выйти черезъ это отверстіе, и кубъ тогда былъ бы пустъ.

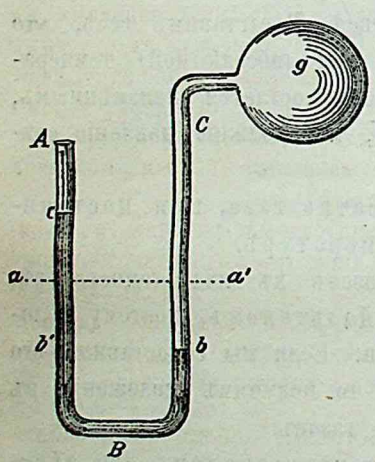


Рис. 9.
Манометръ.
Если давленіе газа повышается въ g, то жидкость въ колѣнѣ BC падаетъ и повышается въ BA. Разница высотъ жидкости $= cb$ представляетъ мѣру того, насколько давленіе въ g превышаетъ атмосферное.

Мы можемъ воспрепятствовать выходу молекулъ, если снова закроемъ отверстіе. Если мы сдѣлаемъ запоръ изъ очень легкой пластинки, то ударяющіяся въ нее извнутри молекулы будутъ стремиться ее отодвинуть. Чтобы этого не произошло, пластинка должна производить снаружи извѣстное давленіе на стѣнки отверстія. Давленіе можетъ быть произведено тяжестью, и мы можемъ найти путемъ опыта, какъ велика должна быть та тяжесть, которая бы какъ разъ была достаточна, чтобы воспрепятствовать выходу газа. Назовемъ ее p. Тогда $p = a\ {}^1/_2\ mv^2$. Мы, такимъ образомъ, измѣряемъ сумму энергіи всѣхъ молекулъ, ударившихся въ пластинку въ теченіе единицы времени.

Въ уравненіи $p = a\ {}^1/_2\ mv^2$ справа стоятъ точно неизвѣстныя величины. Мы можемъ измѣрить только ихъ общее дѣйствіе, давленіе, ими производимое. Число a, количество ударяющихся о плоскость молекулъ, должно возрастать съ увеличеніемъ плоскости. Если бы мы сдѣлали отверстіе

*) Рой комаровъ, парящій въ воздухѣ въ теплый лѣтній день, представляетъ хорошій примѣръ того состоянія, въ которомъ, по данному представленію, находятся молекулы заключеннаго гдѣ нибудь газа. Столбъ поперечникомъ около полуметра и высотою часто въ нѣсколько метровъ стоитъ неподвижно на одномъ мѣстѣ; но внутри этого столба все находится въ самомъ оживленномъ движеніи. Отдѣльные комары «танцуютъ», т. е. они зигзагообразными движеніями устремляются то туда, то сюда.

величиною не въ 1 см.^{2}, а въ 2 см.^{2}, то о поверхность, вдвое большую, въ туже единицу времени, ударилось бы вдвое больше молекулъ: мы тогда должны были бы увеличить давленіе снаружи вдвое, чтобы противодѣйствовать давленію газа.

То, что мы называемъ давленіемъ газа, можетъ быть, слѣдовательно, измѣрено тяжестью, при одновременномъ принятіи во вниманіе поверхности. Отсюда понятно, что означаетъ выраженіе, что давленіе атмосферы равно 1,033 килогр. на квадр. сантиметръ *).

По большей части мы измѣряемъ давленіе другимъ образомъ. Если мы открытую съ обоихъ концовъ U—образную трубку ABC (рис. 9) наполнимъ отчасти жидкостью, то послѣдняя, согласно закону сообщающихся трубокъ, стоитъ въ обоихъ колѣнахъ на одинаковой высотѣ. На поверхность жидкости съ обѣихъ сторонъ давитъ атмосфера, такъ какъ давленіе ея съ каждой стороны одинаково, то существующее равновѣсіе жидкости не можетъ нарушиться. Если соединить колѣно BC съ сосудомъ g, ничто не измѣнится до тѣхъ поръ, пока воздухъ въ сосудѣ будетъ находиться подъ тѣмъ же давленіемъ. Но если давленіе въ сосудѣ повысится, то жидкость въ колѣнѣ BC понизится, положимъ, до b и въ открытомъ колѣнѣ BA повысится до c. Если мы проведемъ черезъ b горизонтальную линію bb', то высота столба жидкости $b'c$ служитъ мѣрой того излишка давленія, на который давленіе газа въ g превышаетъ атмосферное, дѣйствующее, какъ и раньше, на открытое колѣно жидкости. Такое приспособленіе мы называемъ (водянымъ) манометромъ.

Въ этомъ случаѣ на поперечный разрѣзъ мы не обращаемъ никакого вниманія, такъ какъ въ b', гдѣ дѣйствуетъ давленіе столба жидкости $b'c$, поперечный разрѣзъ этого столба совершенно равенъ тому поперечнику, на который (при посредствѣ жидкости bb') дѣйствуетъ давленіе газа въ противоположномъ направленіи. Напротивъ, мы должны принять во вниманіе удѣльный вѣсъ жидкости, наполняющій манометръ.

Примемъ, что поперечный разрѣзъ $= 1$ см.^{2}, жидкостью будетъ ртуть и высота $bc = 760$ мм. Удѣльный вѣсъ ртути $= 13{,}59$. Столбъ ртути въ 760 мм. высоты и съ поперечникомъ въ 1 см.^{2} имѣетъ объемъ въ 76 см.^{3} и вѣситъ поэтому $76 \times 13{,}59 = 1032{,}84$ грм. или въ круглыхъ цифрахъ 1033 кило; съ этой величиной мы познакомились какъ съ давленіемъ одной атмосферы на 1 см.^{2}. Поэтому на уровнѣ моря ртутный столбъ барометра, на который съ одной стороны дѣйствуетъ атмосферное давленіе, съ другой въ тоже время находится безвоздушное пространство, устанавливается на 760 мм. Слѣдовательно, атмосферное давленіе=760 мм., половина его=380 мм.; $^1/_{10}$=76 мм. ртути (сокращенно обозначается буквами hg).

Если давленіе, подлежащее измѣренію очень мало, то незначительныя разницы въ стояніи ртути было бы трудно измѣрять. Поэтому лучше наполнять манометръ жидкостью меньшаго удѣльнаго вѣса. Если пользуются водою (сокращенно обозначается aq), то всѣ высоты дѣлаются въ 13,59 разъ больше чѣмъ при ртути, 1 мм. $hg = 13{,}59$ мм. aq. Атмосферное давленіе (=760 мм. hg) отвѣчаетъ столбу воды высотою болѣе 10 м. (точнѣе 10,328); $^1/_{10000}$ атмосферы показываетъ еще разницу въ 1 мм., слѣдовательно, можетъ быть еще хорошо измѣрена.

7. Кинетическая теорія газовъ. Возвратимся къ разсмотрѣнію нашего газа, заключеннаго въ опредѣленное пространство. Мы приняли, что онъ содержитъ n молекулъ, и что каждую секунду a такихъ молекулъ ударяются въ 1 см.^{2} поверхности стѣнки. Если мы сожмемъ газъ до половины его объема, то число молекулъ останется тоже n и если температура не измѣнится, то не измѣнится также и ихъ скорость, но каждая молекула будетъ теперь ударяться въ стѣнку, пройдя только половину прежняго пути. Поэтому въ тоже время въ стѣнку ударится двойное количество молекулъ. Слѣдовательно, ихъ дѣйствіе, т. е. давленіе должно быть вдвое больше прежняго.

При измѣненіи температуры стѣсненнаго газа, число молекулъ и проходимый ими путь не измѣняются, скорость, напротивъ, дѣлается другою. Самое простое предположеніе, которое мы можемъ сдѣлать, это то, что энергія молекулярнаго движенія пропорціональна абсолютной температурѣ. Мы нашли, что, при постоянномъ объемѣ, давленіе, а, при постоянномъ давленіи, объемы растутъ пропорціонально абсолютной температурѣ; это отвѣчаетъ

*) Это величина средняго атмосфернаго давленія на морскомъ берегу; съ поднятіемъ надъ нимъ оно падаетъ закономѣрно. Гдѣ дѣло не идетъ о большой точности, тамъ обыкновенно пользуются округленнымъ числомъ въ 1 кило.

вполнѣ сдѣланному предположенію. Отсюда, слѣдовательно, мы можемъ заключить, что развитое нами представленіе о молекулярномъ состояніи газовъ оказывается вѣрнымъ. Мы, слѣдовательно, принимаемъ, что газы состоятъ изъ разъединенныхъ молекулъ, находящихся въ безпрерывномъ движеніи, и что скорость молекулъ растетъ пропорціонально абсолютной температурѣ. Это представленіе называютъ кинетической теоріей газовъ.

8. Диффузія газовъ. Выше, чтобы развить представленіе о газовомъ давленіи, мы разсмотрѣли случай, въ которомъ газъ, заключенный въ кубъ, сообщался, посредствомъ отверстія, съ безвоздушнымъ пространствомъ. Мы посмотримъ теперь, что произойдетъ, если два различные газа, заключенные каждый въ подобные кубы, придутъ въ соприкосновеніе между собою черезъ посредство отверстія, продѣланнаго въ общей, отдѣляющей эти кубы, стѣнкѣ.

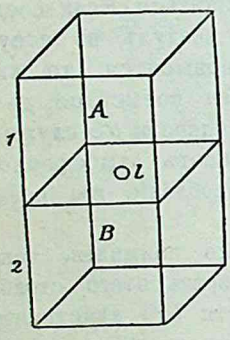


Рис. 10.
Свободная диффузія газовъ.
Кубы 1 и 2 наполнены двумя различными газами A и B. Въ общей раздѣлительной стѣнкѣ кубовъ находится отверстіе l. Молекулы газа A, которыя подходятъ къ этому отверстію, могутъ проникнуть въ кубъ 2; равнымъ образомъ молекулы газа B въ кубъ 1. Поэтому происходитъ постоянное смѣшеніе обоихъ газовъ.

Мы обозначимъ оба газа черезъ A и B, соприкасающіеся кубы черезъ 1 и 2; l пусть будетъ отверстіе въ общей, отдѣляющей ихъ, стѣнкѣ.

Въ каждую единицу времени a молекулъ газа, заключеннаго въ кубѣ 1, подходитъ со скоростью, зависящею отъ температуры, къ отверстію l. Нѣкоторыя изъ нихъ, ударяясь о молекулы B, отбрасываются обратно. Большая же часть проникаетъ между молекулами газа B, которыя, какъ мы принимаемъ, значительно удалены другъ отъ друга. Тоже самое относится и къ молекуламъ газа B. Такимъ образомъ, происходитъ смѣшеніе обоихъ газовъ, этотъ процессъ оканчивается только тогда, когда оба газа въ обоихъ кубахъ смѣшаются совершенно равномѣрно. Съ этого момента изъ 1 во 2 и обратно проходитъ одинаковое число молекулъ газа A, тоже самое относится и къ молекуламъ газа B. Состояніе равномѣрной смѣси должно, слѣдовательно, сохраниться и впредь.

Этотъ процессъ, выведенный нами только теоретически на основаніи нашихъ представленій о газахъ, называютъ диффузіей или спеціально, съ цѣлью отличія его отъ другихъ, свободной диффузіей газовъ. Для демонстраціи ея можно произвести слѣдующій опытъ. (рис. 11).

Наполняютъ двумя различными газами, напримѣръ, углекислотой и водородомъ нѣсколько стеклянныхъ цилиндровъ, снабженныхъ широкими, пришлифованными краями и могущихъ закрываться соотвѣтственными стеклянными пластинками. На видъ эти газы не могутъ быть различаемы, оба они совершенно безцвѣтны. Если въ цилиндръ, наполненный углекислотой, внести горящую лучину, то она тотчасъ тухнетъ, если сдѣлать такой же опытъ съ водородомъ, то газъ загорается и горитъ слабо свѣтящимся голубымъ пламенемъ. Если налить въ цилиндръ, наполненный углекислотой нѣсколько прозрачной известковой или баритовой воды, то послѣдняя тотчасъ сильно мутится. Если погрузить такой цилиндръ отверстіемъ въ ртуть, удалить стеклянную пластинку и впустить затѣмъ, при помощи изогнутой пипетки, растворъ ѣдкаго кали, то изъ угольной кислоты и ѣдкаго калія образуется растворимое соединеніе; газъ исчезаетъ, ртуть въ цилиндрѣ поднимается кверху и совершенно заполняетъ его. При водородѣ обѣ послѣднія пробы даютъ отрицательный результатъ. Этихъ свойствъ достаточно для того, чтобы съ положительностью отличить эти газы другъ отъ друга. Теперь берутъ цилиндръ, наполненный водородомъ, перевертываютъ и ставятъ его на цилиндръ, наполненный углекислотою; затѣмъ удаляютъ обѣ пластинки, закрывающія цилиндры, края отверстій послѣднихъ прижимаютъ другъ къ другу, такъ что широкіе края представляютъ надежный запоръ отъ внѣшняго воздуха.

По истеченіи нѣкотораго времени цилиндры разъединяютъ, предварительно продвинувъ между ними закрывающія ихъ пластинки, и испытываютъ ихъ содержимое. Въ обоихъ можно доказать присутствіе углекислоты и водорода. Известковая вода мутится растворомъ ѣдкаго калія, часть содержимаго связывается. То, что остается, показываетъ свойства водорода; онъ горитъ голубоватымъ пламенемъ.

Такимъ образомъ, каждый газъ проникъ въ пространство, занимаемое другимъ. Если мы подождемъ достаточно долго, прежде чѣмъ разъединить цилиндры, то мы можемъ доказать, что смѣсь въ обоихъ цилиндрахъ сдѣлалась совершенно равномѣрной. Если оба цилиндра были одинаково велики, то въ концѣ концовъ каждый изъ нихъ содержитъ по равному количеству углекислоты и водорода. Слѣдуетъ указать еще на то, что водородъ имѣетъ значительно меньшій удѣльный вѣсъ, чѣмъ углекислота. Въ нашемъ опытѣ болѣе легкій газъ находился въ верхнемъ цилиндрѣ. Несмотря на это онъ спустился внизъ, а болѣе тяжелый поднялся кверху. На основаніи представленій о кинетической энергіи газовъ эти явленія легко вывести. Изъ нихъ вытекаетъ также, что какъ два газа въ нашемъ опытѣ, такъ и три или болѣе газовъ должны при свободной диффузіи перемѣшаться другъ съ другомъ совершенно равномѣрно.

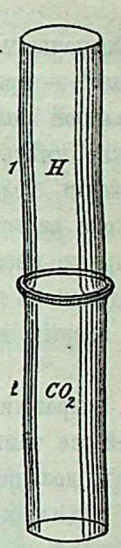


Рис. 11.
Свободная диффузія газовъ.
Стеклянной цилиндръ 1 наполненъ чистымъ водородомъ, цилиндръ 2 чистой угольной кислотой. Послѣ того какъ они закрытыми поставлены другъ на друга и закрывающія ихъ пластинки удалены, газы начинаютъ проникать другъ въ друга, пока они не смѣшаются въ обоихъ цилиндрахъ совершенно равномѣрно.

9. Парціальное давленіе и общее давленіе въ газовой смѣси. Разсмотрѣніе газовой смѣси даетъ поводъ еще къ нѣкоторымъ замѣчаніямъ. Въ одной изъ трубокъ аппарата, изображеннаго на 5 рис., находилось 100 см.^{3} воздуха. Онъ, какъ мы видѣли, представлялъ совершенно тѣже отношенія, что и другіе газы. Онъ состоитъ, круглымъ счетомъ, изъ 4 объемныхъ частей азота и 1 части кислорода *). Давленіе равно, соотвѣтственно атмосферному, 740 мм. hg., температура 18°. Если мы извлечемъ изъ этой смѣси весь кислородъ **), то объемъ уменьшается и одновременно падаетъ давленіе. Если мы теперь приведемъ къ атмосферному давленію оставшійся азотъ, то объемъ его будетъ 80 см.^{3}, т. е 4/5 ста. Напротивъ, если мы уменьшимъ давленіе настолько, что азотъ займетъ пространство въ 100 см.^{3}, то манометръ, соединенный съ этимъ пространствомъ, показалъ бы, что давленіе въ немъ только 592 мм. hg., слѣдовательно, $^4/_5$ соотвѣтственнаго атмосфернаго давленія.

Но въ первоначальномъ количествѣ атмосфернаго воздуха оба газа, будучи повсюду равномѣрно смѣшаны, распредѣлены по всему пространству. Кто сколько нибудь въ этомъ усомнится, пусть изслѣдуетъ любую часть воздуха отдѣльно; онъ найдетъ, что въ ней оба газа находятся въ той же пропорціи. Это значитъ, что 80 см.^{3} азота и 20 см.^{3} кислорода расширены въ смѣси каждый до 100 см.^{3}. Отсюда, согласно закону Бойля, слѣдуетъ, что и въ первоначальной смѣси, азотъ производитъ давленіе въ 592, а кислородъ только въ 148 мм. hg. Эта часть общаго давленія, приходящаяся на каждый газъ, называется парціальнымъ давленіемъ даннаго газа. Общее давленіе газовой смѣси представляетъ сумму парціальныхъ давленій ея составныхъ частей. Если процентный составъ газовой смѣси извѣстенъ, то парціальное давленіе отдѣльныхъ составныхъ частей находится распредѣленіемъ общаго давленія между послѣдними, сообразно пропорціональности состава. Мы видимъ, такимъ образомъ, что положеніе, вытекающее изъ § 2 и 3 и гласящее, что всѣ газы при одинаковомъ объемѣ и одинаковой температурѣ производятъ одинаковое давленіе, примѣнимо и къ составнымъ частямъ газовой смѣси.

10. Гипотеза Авогадро. Въ § 6 мы видѣли, что газовое давленіе можетъ быть раз-

*) На самомъ дѣлѣ кислорода почти 21%, азота около 79% и очень небольшое количество другихъ газовъ. Чтобы упростить измѣреніе, мы пользуемся приведенными округленными цифрами.

**) Мы можемъ достигнуть этого помѣщеніемъ въ газовую смѣсь фосфора, образующаго съ кислородомъ прочное химическое соединеніе.

сматриваемо, какъ дѣйствіе удара газовыхъ молекулъ на запирающую газъ стѣнку. Въ приведенной тамъ формулѣ

$$p = a \; {}^1/_2 \; mv^2$$

a обозначаетъ число молекулъ, ударяющихся въ единицу времени о единицу поверхности, ${}^1/_2 \, mv^2$ — присущая каждой молекулѣ энергія движенія. Ясно, что m, масса или вѣсъ отдѣльной молекулы, должно зависѣть отъ химическаго состава послѣдней, слѣдовательно, должно имѣть для каждаго газа различное значеніе (ср. гл. 4 § 13). Какъ велика скорость движенія молекулъ, мы не знаемъ; все, что мы можемъ про нее сказать, это только то, что она растетъ пропорціонально абсолютной температурѣ (ср. § 7). Если m_1 и m_2 молекулярные вѣса двухъ различныхъ газовъ, v_1 и v_2 скорости, принадлежащія молекуламъ при опредѣленной температурѣ, то ${}^1/_2 \, m_1 v_1^2$ и ${}^1/_2 \, m_2 v_2^2$ будутъ выражать, слѣдовательно, присущую имъ энергію движенія, поэтому мы можемъ выставить гипотезу, что

$${}^1/_2 \; m_1 v_1^2 = {}^1/_2 \; m_2 v_2^2$$

т. е. выражая это словами, что энергія движенія молекулъ для всѣхъ газовъ, при одной и той же температурѣ, одна и та же. Но тогда и a, въ виду одинаковаго отношенія всѣхъ газовъ, должно имѣть одно и то же значеніе. Поэтому мы приходимъ къ положенію:

Одинаковые объемы любыхъ газовъ, измѣренные при одной и той же температурѣ и одномъ и томъ же давленіи, заключатъ одинаковое число молекулъ.

Это та самая извѣстная гипотеза, высказанная въ 1811 г. неаполитанцемъ Авогадро, которая для теоретической химіи получила большое значеніе, вслѣдствіе чего мы еще подробнѣе скажемъ о ней. Удивительное явленіе одинаковаго отношенія всѣхъ газовъ къ измѣненіямъ объема и температуры, благодаря этой гипотезѣ, дѣлается понятнымъ. Согласіе всѣхъ, выводимыхъ изъ нея, слѣдствій съ фактами, съ которыми мы еще познакомимся въ гл. 8, придаетъ ей высокую степень достовѣрности. Вслѣдствіе этого она сдѣлалась одной изъ лучшихъ опоръ для кинетической теоріи газовъ.

Гипотеза Авогадро, при нашемъ теперешнемъ объясненіи, опирается на предположеніе, что энергія движенія молекулъ зависитъ только отъ абсолютной температуры, слѣдовательно, для всѣхъ газовъ одинакова *). Изъ уравненія

$${}^1/_2 \; m_1 v_1^2 = {}^1/_2 \; m_2 v_2^2$$

мы можемъ непосредственно вывести другое

$$m_1 : m_2 = v_2^2 : v_1^2$$

т. е. молекулярные вѣса двухъ газовъ относятся обратно пропорціонально квадратамъ скоростей движенія ихъ молекулъ (при одинаковой температурѣ).

Спрашивается, въ состояніи ли мы что нибудь узнать относительно скоростей?

Если заставить газы вытекать изъ очень узкаго отверстія подъ постояннымъ давленіемъ, то оказывается, что скорость истеченія обратно пропорціональна квадратнымъ корнямъ изъ удѣльныхъ вѣсовъ газовъ. Если, по гипотезѣ Авогадро, равные объемы различныхъ газовъ содержатъ равное число молекулъ, то удѣльные вѣса ихъ должны относиться, какъ и молекулярные. Такимъ образомъ, данныя опыта въ связи съ гипотезой представляютъ средство для сравненія молекулярныхъ вѣсовъ газовъ другъ съ другомъ.

Если два газа диффундируютъ другъ въ друга черезъ отверстіе, то сначала, если давленіе газовъ съ обѣихъ сторонъ одинаково, скорости должны быть обратно пропорціональны молекулярнымъ вѣсамъ. Болѣе легкій газъ будетъ диффундировать быстрѣе, чѣмъ болѣе тяжелый. Со стороны перваго, слѣдовательно, давленіе будетъ падать, со стороны послѣдняго повышаться. Если отверстіе широко, то подобной разницы давленія не можетъ произойти безъ того, чтобы тотчасъ не началось теченіе со стороны болѣе сильнаго давленія въ сторону

*) Мы могли бы также идти обратно, т. е. сначала сдѣлать предположеніе о равенствѣ числа молекулъ, а изъ него могло бы вытекать равенство энергіи движенія.

болѣе низкаго. При очень узкомъ отверстіи, напротивъ, разница въ давленіи происходитъ и остается сохраненной на нѣкоторое время.

Пониженіе давленія со стороны болѣе легкаго газа наступаетъ скорѣе и достигаетъ болѣе высокихъ цифръ въ томъ случаѣ, если диффузія можетъ происходить одновременно черезъ большое количество узкихъ отверстій, напримѣръ, черезъ поры раздѣлительной стѣнки въ родѣ глины, гипса, дерева и т. п. Это можно демонстрировать очень хорошо слѣдующимъ образомъ (Рис. 12). *A*—пористый глиняный цилиндръ въ родѣ тѣхъ, какими пользуются въ постоянныхъ гальваническихъ элементахъ. Снизу онъ закрытъ пробкой, въ отверстіе послѣдней вставленъ манометръ. Если накрыть его стекляннымъ колпакомъ *B* и впускать въ послѣдній водородъ, то этотъ легкій газъ очень быстро диффундируетъ черезъ узкія отверстія глины внутрь глинянаго цилиндра, въ то время какъ находящіеся внутри его болѣе тяжелые газы, кислородъ и азотъ, выходятъ медленнѣе. Слѣдствіемъ этого будетъ поднятіе давленія во внутреннемъ цилиндрѣ; это повышеніе давленія видно на манометрѣ.

Если въ тотъ моментъ, когда манометръ принялъ постоянное положеніе, снять стеклянный цилиндръ, то давленіе внутри глинянаго цилиндра понижается и дѣлается даже отрицательнымъ. Водородъ, который раньше входилъ быстрѣе, чѣмъ могъ выходить воздухъ, теперь выходитъ быстрѣе, чѣмъ можетъ войти воздухъ. Въ обоихъ случай всегда быстрѣе диффундируетъ болѣе легкій газъ.

Можно поставить опытъ также со свѣтильнымъ газомъ, диффундирующимъ тоже легче атмосфернаго воздуха, только поднятіе манометра въ этомъ случаѣ не такъ велико, какъ при водородѣ. Свѣтильный газъ представляетъ смѣсь газовъ, въ которой главной составной частью является болотный газъ. Болотный газъ, будучи смѣшанъ съ воздухомъ, даетъ взрывчатую смѣсь. Она является самой частой причиной взрывовъ въ каменноугольныхъ копяхъ. Поэтому имѣетъ большую важность своевременно распознать накопленіе болотнаго газа. Примѣняемый съ этою цѣлью аппаратъ покоится на томъ же принципѣ, что и вышеописанный опытъ (рис. 13). Сосудъ, закрытый глиняной пластинкой, сообщается съ манометромъ. Если въ окружности глиняной пластинки находится болотный газъ, то онъ черезъ нее диффундируетъ внутрь сосуда быстрѣе, чѣмъ находящійся въ немъ воздухъ—наружу. Давленіе внутри повышается; ртуть въ колѣнѣ *r'* манометра поднимается; благодаря этому замыкается гальваническій токъ, приводящій въ дѣйствіе набатный колоколъ.

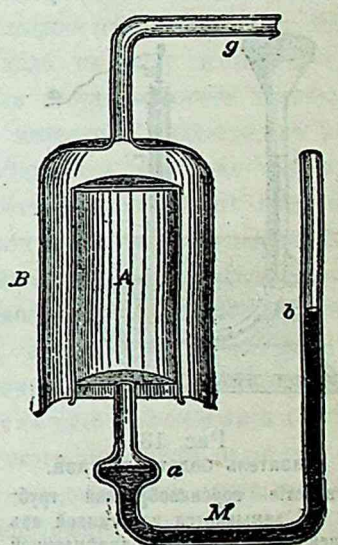


Рис. 12.

Газовая диффузія черезъ порозную раздѣлительную стѣнку. Слабо обожженный и поэтому порозный цилиндръ *A* хорошо закрывается снизу пробкой со вставленными въ нее манометрами. Надъ глинянымъ цилиндромъ устанавливается стеклянный колоколъ *B*, въ который черезъ *g* пропускается водородъ. Находящійся въ промежуткѣ между *A* и *B* легкій водородъ диффундируетъ внутрь *A* скорѣе, чѣмъ могутъ выйти оттуда болѣе тяжелые газы (кислородъ и азотъ). Поэтому давленіе въ *A* повышается и поднимаетъ ртуть въ манометрѣ *M* до уровня *b*.

11. Свойства жидкостей. Свойство газовъ мѣнять свой объемъ съ измѣненіемъ давленія называется также упругостью. Возьмемъ въ руку стеклянный шприцъ, подобный употребляемому для анатомическихъ инъекцій сосудовъ. Стеклянный цилиндръ снабженъ герметически входящимъ поршнемъ, который можетъ быть вдвигаемъ и выдвигаемъ. Въ нижнемъ концѣ цилиндръ снабженъ мѣдной оправой и можетъ быть запираемъ краномъ. Мы устанавливаемъ поршень приблизительно на серединѣ цилиндра и запираемъ кранъ. Если мы теперь вдвинемъ поршень книзу и отпустимъ его, то онъ снова возвратится къ своему серединному положенію. Тоже самое произойдетъ, если мы вытянемъ его кверху и затѣмъ отпустимъ. Такимъ образомъ, заключенный воздухъ нажатіемъ на поршень можетъ быть сжатъ или уплотненъ, вытягиваніемъ же поршня — расширенъ или разрѣженъ; какъ скоро дѣйствіе нажатія или вытягиванія прекращается, газъ (при предположеніи, что температура его не измѣнилась) возвращается къ своему первоначальному объему *).

*) Когда подобное колебаніе давленія возникаетъ въ какомъ-нибудь мѣстѣ газовой массы,

Вслѣдствіе этой совершенной упругости газы называются также упругими жидкостями въ отличіе отъ истинныхъ или капельныхъ жидкостей, хотя и капельныя жидкости расширяются съ повышеніемъ температуры, но степень этого расширенія не для всѣхъ жидкостей одна и та же, да и для одной и той же жидкости она не такъ равномѣрна, какъ это имѣетъ мѣсто для газовъ. Нѣтъ недостатка также въ удивительныхъ отклоненіяхъ. Вода, напримѣръ, при повышеніи температуры отъ 0° до 4° сжимается и только при дальнѣйшемъ поднятіи температуры начинаетъ расширяться, но не равномѣрно, а при болѣе высокихъ температурахъ расширеніе совершается сильнѣе.

Къ повышеніямъ давленія жидкости почти нечувствительны. Вода давленіемъ въ одну атмосферу сжимается только на одну 50 милліонную часть своего объема. Чтобы сжать ее до половины ея объема, нужно было бы, такимъ образомъ, употребить давленіе въ 10000 атмосферъ, при чемъ предполагается, что сжимаемость осталась бы равномѣрной. Также мало можно уменьшеніемъ давленія достигнуть расширенія жидкости или уменьшенія ея плотности. Напротивъ, отдѣльныя части жидкости легко отдѣляются другъ отъ друга; онѣ слабо связаны между собою; сила этой связи у различныхъ жидкостей различна и мѣняется съ температурой. Ее называютъ сцѣпленіемъ. Ею обусловливается образованіе *капель*. Частички остаются въ связи до тѣхъ поръ, пока вѣсъ капли не сдѣлается достаточно большимъ, чтобы преодолѣть сцѣпленіе, т. е. оторвать каплю отъ остальной жидкости.

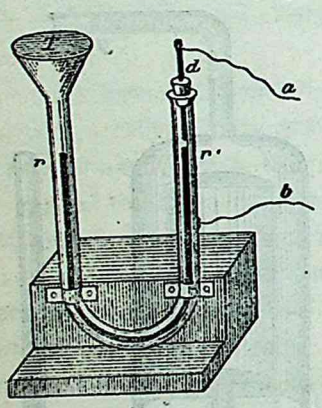


Рис. 13.
Указатель болотнаго газа.

Отверстіе воронкообразной трубки rr' замыкается пластинкой изъ гипса или глины, прикрѣпленной цементомъ. Если воздухъ, окружающій эту пластинку, содержитъ болотный газъ, то онъ входитъ въ воронку быстрѣе, чѣмъ можетъ выйти изъ нея атмосферный воздухъ. Вслѣдствіе повышенія давленія ртуть въ r' поднимается; какъ только ртуть коснется проволоки d, электрическая батарея, включенная между a и b, замыкается и находящійся въ цѣпи колоколъ начинаетъ бить тревогу.

Слѣдовательно, молекулы жидкости находятся на нѣкоторомъ разстояніи другъ отъ друга, это разстояніе мѣняется съ температурой, но почти совершенно независитъ отъ давленія. Онѣ легко подвижны другъ около друга, при чемъ разстояніе между ними не мѣняется. Благодаря этому, жидкость принимаетъ всевозможныя формы, смотря по сосуду, въ который она налита. Предоставленная самой себѣ, т. е. устраненная отъ всякихъ внѣшнихъ вліяній, она принимаетъ шарообразную форму.

Мы должны представлять себѣ, что молекулы жидкости, подобно молекуламъ газа, находятся въ постоянномъ движеніи. Только пути, проходимые отдѣльными частицами, вслѣдствіе болѣе сильнаго дѣйствія ихъ другъ на друга, коротки. Вѣроятно, частицы постоянно колеблются взадъ и впередъ по зигзагообразнымъ путямъ въ предѣлахъ очень малаго пространства, при чемъ всѣ онѣ сохраняютъ среднее опредѣленное разстояніе другъ отъ друга. Если съ повышеніемъ температуры увеличивается энергія молекулярнаго движенія, то увеличивается среднее разстояніе между молекулами, а вмѣстѣ съ тѣмъ и общій объемъ. Но такъ какъ молекулы, при ихъ незначительномъ разстояніи, оказываютъ взаимное вліяніе другъ на друга, то энергія съ повышеніемъ температуры не растетъ такъ равномѣрно, какъ у газовъ, поэтому и измѣненія объема не равномѣрны и не одинаковы у всѣхъ жидкостей.

12. Свойства жидкостей на поверхности. До сихъ поръ мы говорили только о молекулахъ, распредѣленныхъ внутри жидкости; тамъ онѣ со всѣхъ сторонъ окружены другими частицами, равномѣрно дѣйствующими другъ на друга. Если мы примемъ, что вліяніе молекулъ другъ на друга простирается на разстояніе r, то каждая молекула, отстоящая отъ поверхности на меньшее разстояніе, чѣмъ r, испытываетъ большее вліяніе по направленію внутри, чѣмъ наружи. Когда молекулы, при своемъ движеніи, дости-

то это колебаніе дѣйствуетъ на сосѣднія части, распространяясь отъ первоначальнаго мѣста по всѣмъ направленіямъ. На этомъ основывается, между прочимъ, и распространеніе звука.

гаютъ поверхности, онѣ молекулами, находящимися внутри, какъ бы притягиваются обратно. Но когда скорость молекулы, а вмѣстѣ съ тѣмъ ея энергія, перейдетъ извѣстную границу, то притяженіе со стороны молекулъ, лежащихъ подъ поверхностью, можетъ быть преодолѣно. Молекула тогда освобождается отъ остальной жидкости и переходитъ въ пространство, находящееся надъ нею все равно, будетъ ли оно пусто или наполнено какимъ нибудь проницаемымъ для нея тѣломъ, напримѣръ, какимъ нибудь газомъ. Въ такомъ случаѣ молекула можетъ свободно двигаться дальше въ этомъ пространствѣ, она относится теперь, какъ газовая молекула. Мы говоримъ тогда, *жидкость испаряется, она частью превращается въ паръ*.

Согласно сказанному ясно, почему испареніе должно идти тѣмъ живѣе, чѣмъ выше температура. Для каждой жидкости существуетъ температура, при которой энергія внутри находящихся молекулъ дѣлается достаточно большой для того, чтобы преодолѣть сцѣпленіе и давленіе поверхъ находящихся молекулъ. Тогда вся жидкость должна превратиться въ паръ, *жидкость кипитъ* *). Изъ открытаго сосуда жидкость мало по малу *испаряется совершенно* и тѣмъ скорѣе, чѣмъ выше температура. Но если сосудъ замкнутъ и поверхъ жидкости находится газъ или безвоздушное пространство, то молекулы жидкости, въ него перешедшія, могутъ совершать только конечные пути; онѣ ударяются о стѣнки сосуда и, при своемъ движеніи, отъ времени до времени снова попадаютъ на поверхность жидкости. Въ такомъ случаѣ онѣ, смотря по своей скорости, болѣе или менѣе глубоко проникаютъ внутрь и могутъ быть снова тамъ удержаны. Чѣмъ дальше идетъ испареніе, чѣмъ большее число молекулъ жидкости переходитъ въ пространство, находящееся надъ жидкостью, тѣмъ чаще это наблюдается. Поэтому долженъ наступить моментъ, когда число *выходящихъ* изъ жидкости молекулъ сравняется съ числомъ въ нее *входящихъ*. Съ этого времени, слѣдовательно, *количество образующихся паровъ остается постояннымъ*. Мы говоримъ тогда, пространство *насыщено* парами. Величина этого количества зависитъ отъ размѣровъ пространства и отъ температуры, но не зависитъ отъ количества жидкости, при предположеніи, что послѣдней достаточно, чтобы произвести насыщеніе, безъ испаренія всей жидкости. Чтобы насытить водяными парами пространство въ 3—4 литра, достаточно уже одной капли воды **).

Мы можемъ опредѣлить по вѣсу количество пара, необходимое для насыщенія. Въ 1 куб. метрѣ воздуха, при температурѣ въ 15°, можетъ содержаться 12,8 грм. водянаго пара; не больше, такъ какъ избытокъ сталъ бы сгущаться въ жидкую воду, но и не меньше, иначе не будетъ достигнуто насыщеніе. Такъ какъ молекулы водянаго пара, находящіяся поверхъ жидкости относятся совершенно подобно молекуламъ газа, то онѣ производятъ, все равно находятся ли однѣ или въ смѣси съ настоящими газами, давленіе (или парціальное давленіе), соотвѣтствующее ихъ количеству. Это давленіе, мѣняющееся съ температурой, называютъ *напряженіемъ паровъ* жидкости для соотвѣтственной температуры. При 18°, напримѣръ, напряженіе водянаго пара=15,4 мм. hg.; при 24° оно=22 мм. hg. и т. д. . . . . .

При 100° напряженіе=760 мм. hg., т. е. равно атмосферному давленію. При этой температурѣ, слѣдовательно, какъ это происходитъ при кипѣніи, *вся* вода превращается въ паръ.

13. Свойства паровъ. Если налить жидкость въ сосудъ такъ, чтобы она не вполнѣ его заполняла и если удалить весь воздухъ, находящійся надъ жидкостью, то въ это пространство изъ жидкости перейдетъ столько пара, сколько соотвѣтствуетъ температурѣ, т. е. жидкость будетъ испаряться до тѣхъ поръ, пока не будетъ достигнуто напряженіе пара, соотвѣтствующее температурѣ. Если пространство, положимъ, давленіемъ поршня, уменьшено на половину, то, въ случаѣ настоящаго газа, давленіе, согласно закону Бойля, стало бы вдвое больше. Въ нашемъ случаѣ этого не происходитъ; напротивъ, часть пара сгу-

*) Если поверхъ жидкости находятся газы, то подлежащее преодолѣнію давленіе составляется изъ давленія самой жидкости и находящихся поверхъ ея газовъ. Вода кипитъ при нормальномъ атмосферномъ давленіи при 100°, при давленіи въ 700 мм. hg. уже при 97,°72 и т. д.

**) Срав. опыты, описанные въ гл. 4 § 4.

щается въ жидкость, и давленіе остается неизмѣннымъ. Обратно, если увеличить пространство, изъ жидкости образуется больше пара, пока снова не будетъ достигнуто прежнее давленіе. Если повторить эти опыты при болѣе высокихъ температурахъ, то напряженіе паровъ, т. е. давленіе будетъ больше; въ остальномъ же результатъ будетъ тотъ же. Если повысить температуру до точки кипѣнія жидкости, то напряженіе паровъ, какъ мы видѣли, сравняется съ атмосферпымъ давленіемъ. Чтобы дать возможность легче прослѣдить подробности на конкретномъ примѣрѣ, предположимъ, что опытъ былъ сдѣланъ съ водою. Мы нагрѣваемъ воду до 100° и предоставляемъ образующемуся пару свободно распространяться въ пространствѣ. Въ тотъ моментъ, какъ вся вода превратилась въ паръ, мы запираемъ пространство. Мы имѣемъ теперь пространство объемомъ въ V, наполненное водяными парами съ температурой въ 100° и съ давленіемъ въ 760 м.м. hg. Мы постоянно поддерживаемъ температуру пространства въ 100°. Если мы уменьшаемъ пространство, часть пара конденсируется въ видѣ жидкой воды, остатокъ пара удерживаетъ давленіе въ 760 м.м. hg. Если, напротивъ, мы увеличиваемъ пространство, то находящійся въ немъ паръ расширяется; новаго пара возникнуть не можетъ, такъ какъ нѣтъ воды; слѣдовательно, давленіе падаетъ и при томъ, какъ въ случаѣ газовъ, согласно закону Бойля.

Такимъ образомъ, мы видимъ, что этотъ водяной паръ въ 100° отличается отъ газовъ только при давленіи выше 760 м.м., при болѣе же низкомъ, напротивъ, онъ относится совершенно подобно газамъ. Если мы поднимаемъ температуру, то паръ, при сохраненіи давленія постояннымъ, расширяется. Если же постояннымъ остается объемъ, то повышается давленіе безъ появленія конденсаціи. При температурѣ въ 200° давленіе = 11689 м.м. hg., т. е. болѣе, чѣмъ 15 атмосферамъ; только при дальнѣйшемъ повышеніи давленія вслѣдствіе уменьшенія объема часть пара снова превращается въ жидкую воду. Чѣмъ выше температура, тѣмъ шире границы давленія, въ предѣлахъ которыхъ паръ сохраняетъ свойства газа.

Совершенно также относятся пары другихъ жидкостей, различія зависятъ только отъ того, что мы называемъ точкой кипѣнія. Чѣмъ выше относительно точки кипѣнія лежитъ температура, тѣмъ болѣе паръ уподобляется газу; чѣмъ ниже точка кипѣнія какой-нибудь жидкости, тѣмъ легче достигнуть этого состоянія. Поэтому между газами и парами нѣтъ принципіальнаго различія. Мы можемъ всѣ такъ называемые газы, т. е. тѣла, сохраняющія при обыкновенной температурѣ и среднемъ давленіи газообразное состояніе, разсматривать какъ пары жидкостей, точка кипѣнія которыхъ лежитъ очень низко. Этому представленію отвѣчаетъ и наблюденіе, что нѣкоторые газы путемъ простого охлажденія могутъ быть превращены въ жидкости, такъ сѣрноватистый ангидридъ при температурѣ около — 20°, амміакъ при — 40° *). Для большинства газовъ сгущеніе возможно только при одновременномъ примѣненіи высокаго давленія и низкихъ температуръ. Это особенно относится къ тѣмъ газамъ, которые раньше не могли быть конденсированы и которые поэтому назывались «не сгущаемыми» или «постоянными» газами. Но если температура поднимается значительно выше температуры кипѣнія, то сгущеніе дѣлается уже болѣе невозможнымъ даже при примѣненіи самыхъ сильныхъ давленій, какія только могутъ быть достигнуты нашими теперешними средствами. Ту температуру, при которой это происходитъ, называютъ критической температурой.

14. Поглощеніе газа. Поглощеніе или абсорбцію — проникновеніе газовыхъ молекулъ внутрь жидкости — можно смотрѣть какъ на явленіе, противоположное испаренію. Если газъ находится поверхъ жидкости, то газовыя молекулы, при своемъ движеніи, уда-

*) Если давленіе приближается къ тому, при которомъ наступаетъ превращеніе въ жидкость, то законъ Бойль-Маріотта не находитъ себѣ больше примѣненія, уменьшеніе объема происходитъ тогда въ болѣе быстрой прогрессіи, чѣмъ пониженіе давленія. Повидимому, при этомъ наступаетъ родъ переходнаго состоянія отъ газообразнаго къ жидкому.

ряются въ поверхность и проникаютъ, благодаря присущей имъ энергіи, между молекулами жидкости. Количество газа, поглощаемое жидкостью, бываетъ различно въ зависимости отъ рода жидкости и газа; кромѣ того, оно зависитъ отъ температуры и газоваго давленія. Насъ, главнымъ образомъ, интересуетъ отношеніе къ водѣ и воднымъ растворамъ тѣхъ газовъ, которые встрѣчаются въ живыхъ организмахъ, а именно кислорода, азота и углекислоты.

Свѣже приготовленная, дестиллированная вода можетъ быть совершенно свободна отъ поглощенныхъ газовъ, но она тотчасъ же ихъ поглощаетъ, какъ только приходитъ въ соприкосновеніе съ воздухомъ. Ее можно сдѣлать свободной отъ газовъ или путемъ помѣщенія ея на достаточно долгое время въ пустоту или путемъ продолжительнаго кипяченія ея. Будучи сохраняема въ хорошо закрывающихся и несодержащихъ никакого газа сосудахъ, она остается тогда свободной отъ газа.

Если взболтать такую воду съ газомъ въ закрытомъ сосудѣ, при чемъ между жидкостью и газомъ происходитъ тѣсное соприкосновеніе на очень большой и постоянно обновляющейся поверхности, то поглощеніе наступаетъ быстро. Когда оно закончено, можно опредѣлить количество поглощеннаго газа. Этимъ путемъ было найдено, что (при прочихъ равныхъ условіяхъ) каждая жидкость поглощаетъ совершенно опредѣленныя количества каждаго газа. Въ такомъ случаѣ говорятъ, что жидкость для данной температуры и даннаго газоваго давленія насыщена.

Съ повышеніемъ температуры поглощеніе дѣлается меньше, съ повышеніемъ давленія—больше. Количество газа, поглощаемое опредѣленнымъ объемомъ жидкости, растетъ пропорціонально давленію (законъ Генри). Такъ какъ по закону Бойля объемъ газовой смѣси обратно пропорціоналенъ давленію, то законъ Генри можно формулировать такъ: объемъ газа, поглощаемый опредѣленнымъ количествомъ жидкости, независимъ отъ давленія *).

Тотъ объемъ газа, который поглощается единицей объема жидкости при 0°, называется коэффиціентомъ поглощенія газа данной жидкостью.

Чѣмъ выше давленіе, подъ которымъ находится газъ, тѣмъ больше молекулъ въ каждую частицу времени встрѣчается съ поверхностью жидкости и проникаетъ въ послѣднюю. Съ другой стороны число газовыхъ молекулъ, выходящихъ изъ жидкости снова въ газовое пространство, тѣмъ больше, чѣмъ больше газа заключаетъ въ себѣ жидкость. Между количествомъ поглощеннаго газа и давленіемъ послѣдняго должно, слѣдовательно, образоваться постоянное отношеніе, при которомъ жидкость въ каждую частицу времени поглощаетъ совершенно столько газовыхъ молекулъ, сколько и отдаетъ.

Скорость газовыхъ молекулъ внутри жидкости значительно меньше, чѣмъ въ газовомъ пространствѣ, но съ температурой она увеличивается. Поэтому поглощеніе съ повышеніемъ температуры должно уменьшаться. При температурѣ кипѣнія, при которой жидкость сама переходитъ въ газообразную форму, прекращается и всякое поглощеніе газа.

Для воды абсорбціонный коэффиціентъ:

Кислорода	0,041	Сѣроводорода	4,371
Азота	0,020	Сѣрнистой кислоты	79,789
Углекислоты	1,797	Амміака	1050,000
Водорода	0,019	Хлористоводороднаго газа ок.	500,000
Болотнаго газа	0,054		

Изъ смѣси газовъ каждаго абсорбируется совершенно столько, сколько соотвѣтствуетъ его парціальному давленію (законъ Дальтона). Такъ, вода изъ атмосфернаго воздуха поглощаетъ

азота . . . . . $^4/_5 \times 0{,}02 = 0{,}016$
кислорода . . . . . $^1/_5 \times 0{,}04 = 0{,}008$.

Слѣдовательно, поглощенный водою воздухъ содержитъ на 2 объема азота 1 объемъ кислорода; она относительно богаче кислородомъ, чѣмъ атмосферный воздухъ, что, конечно, имѣетъ значеніе для живущихъ въ водѣ животныхъ.

*) При этомъ предполагается, что измѣреніе объема газа производится при томъ же давленіи, при которомъ происходило поглощеніе.

Вода, заключающая твердыя вещества въ растворенномъ видѣ, поглощаетъ газовъ обыкновенно меньше, чѣмъ дестиллированная вода. Если же между растворенными тѣлами и газами могутъ произойти химическія соединенія, то законы абсорбціи не находятъ уже себѣ приложенія. Эти отношенія между газами и жидкостями играютъ важную роль въ процессахъ дыханія.

Если жидкость, заключающая въ себѣ абсорбированные газы, приходитъ въ соприкосновеніе съ другими газами или съ другою жидкостью и если напряженіе газовъ по обѣ стороны отграничивающей поверхности неравно, то происходитъ обмѣнъ газовъ. Примемъ, напримѣръ, что жидкость содержитъ азотъ, кислородъ и углекислоту и каждаго газа именно столько, сколько отвѣчаетъ парціальному давленію этого газа въ соприкасающемся съ ней атмосферномъ воздухѣ. Если теперь въ воздухѣ увеличится количество углекислоты, то жидкость поглощаетъ этого газа больше; если количество ея уменьшится, то жидкость отдаетъ ее обратно *).

15. Газовая диффузія черезъ влажныя раздѣлительныя стѣнки. Если два газа раздѣлены тонкой пленкой жидкости или перепонкой **), пропитанной жидкостью, то происходитъ обмѣнъ, при чемъ газъ, сильнѣе абсорбируемый, переходитъ быстрѣе.

Можно наполнить углекислотой большой открытый стеклянный сосудъ, если пропустить газъ черезъ трубку, доходящую до дна сосуда. Вслѣдствіе своей большой тяжести ***) угольная кислота отлагается подъ атмосфернымъ воздухомъ, вытѣсняя его черезъ верхнее отверстіе наружу и, если оставить сосудъ стоять открытымъ, то она только медленно выдѣляется изъ него въ воздухъ путемъ диффузіи.

Если опускать мыльные пузыри, наполненные водородомъ, на слой углекислоты, то они буквально плаваютъ по ней. При этомъ они раздуваются до значительной величины, такъ какъ углекислота быстрѣе проникаетъ въ нихъ, чѣмъ выходитъ изъ нихъ водородъ. Такъ какъ они дѣлаются тяжелѣе, то они медленно опускаются и, наконецъ, лопаются. Мокрый, слабо наполненный воздухомъ пузырь, тоже значительно раздувается, какъ скоро будетъ помѣщенъ въ сосудъ, наполненный углекислотой. Въ обоихъ случаяхъ углекислота быстрѣе проходитъ чрезъ влажный раздѣлительный слой, такъ какъ она много сильнѣе поглощается водою, чѣмъ водородъ, кислородъ или азотъ.

16. Смѣшеніе жидкостей. Различныя жидкости, химически индифферентныя другъ къ другу, смѣшиваются между собою или во всѣхъ, или только въ опредѣленныхъ отношеніяхъ, или же почти совсѣмъ не смѣшиваются. Примѣромъ перваго случая могутъ служить спиртъ и вода; для второго — эфиръ и вода, для третьяго — масло и вода. Смѣсь спирта и воды, взятыхъ въ любыхъ отношеніяхъ, представляетъ однородную жидкость, свойства которой занимаютъ среднее положеніе по отношенію къ свойствамъ обѣихъ составныхъ частей. Она имѣетъ вкусъ и запахъ спирта и дѣйствуетъ подобно ему, только слабѣе. Удѣльный вѣсъ ея лежитъ по серединѣ между удѣльными вѣсами обѣихъ составныхъ частей. Мы можемъ принять, что обѣ составныя части содержатся въ смѣси, какъ таковыя.

Если слить вмѣстѣ воду и этиловый эфиръ, сильно взболтать и оставить спокойно стоять, то хотя и образуются два рѣзко отграниченныхъ слоя, но жидкости не просто снова раздѣлились, вода поглотила нѣсколько эфира (около $^1/_{14}$ — $^1/_{12}$ своего объема), эфиръ — нѣсколько воды (около $^1/_{36}$ своего объема). Содержащій воду эфиръ имѣетъ меньшій удѣльный вѣсъ, чѣмъ содержащая эфиръ вода. Поэтому онъ располагается поверхъ воды, содержащей эфиръ. Границы слоевъ, вслѣдствіе различнаго отношенія

*) Если жидкость насыщена газомъ подъ высокимъ давленіемъ, какъ это бываетъ при приготовленіи шипучихъ водъ, то часть газа выдѣляется, лишь только давленіе уменьшится. Тоже самое относится и къ водамъ, выходящимъ изъ большой глубины; онѣ богаты поглощенными газами, такъ какъ на этихъ глубинахъ господствуетъ сильное давленіе.

**) Оболочка служитъ только для того, чтобы придать жидкости форму и дать ей опору; плотная основа ея въ этомъ процессѣ не играетъ никакой роли.

***) Углекислота въ $1^1/_2$ раза тяжелѣе атмосфернаго воздуха и въ 22 раза тяжелѣе водорода.

ихъ къ свѣту, хорошо замѣтны. Наконецъ, если взболтать воду съ масломъ, то не происходитъ никакого смѣшенія; масло раздѣляется только на маленькія капли, при стояніи собирающіяся вмѣстѣ поверхъ воды, такъ какъ масло легче послѣдней.

Такъ какъ спиртъ имѣетъ меньшій, вода большій удѣльный вѣсъ, чѣмъ масло, то можно соотвѣтственнымъ смѣшеніемъ воды со спиртомъ получить жидкость съ удѣльнымъ вѣсомъ масла. Но и эта жидкость съ масломъ не смѣшивается. Если ввести въ нее, при помощи пипетки масло, то послѣднее собирается въ шаръ, остающійся рѣзко отграниченнымъ отъ спиртно-водной смѣси.

17. **Диффузія жидкостей.** Если переслоить осторожно двѣ смѣшивающіяся и имѣющія различный удѣльный вѣсъ жидкости, напримѣръ, воду и спиртъ, такъ, чтобы болѣе легкая находилась сверху и чтобы не произошло никакого смѣшенія, то легко замѣтить, благодаря нѣсколько различному лучепреломленію, рѣзкую границу между ними, если даже обѣ жидкости безцвѣтны и прозрачны, какъ вода. Но это рѣзкое разграниченіе остается недолго, такъ какъ тотчасъ же начинается диффузія; жидкости смѣшиваются между собою, если даже тщательно избѣгать сотрясеній, колебаній температуры и т. п.; процессъ можно легче прослѣдить, если взять въ качествѣ нижняго слоя какую-нибудь окрашенную жидкость, напримѣръ, насыщенный растворъ сѣрнокислой мѣди *), сильно окрашенный въ синій цвѣтъ, а въ качествѣ верхняго слоя чистую дестиллированную воду. Уже по истеченіи короткаго времени пограничная плоскость не представляется болѣе рѣзко отграниченной. Синяя окраска распространяется кверху, между тѣмъ какъ ниже находящійся растворъ дѣлается блѣдиѣе. Если взять пробы изъ верхнихъ слоевъ, въ нихъ химическими пріемами можно доказать присутствіе сѣрнокислой мѣди. Слѣдовательно, произошелъ переходъ соли, растворенной въ нижнемъ слоѣ. Этотъ переходъ продолжается до тѣхъ поръ, пока жидкость во всѣхъ слояхъ не получитъ равномѣрнаго состава.

Мы имѣемъ основанія принять, что въ растворѣ не только молекулы растворителя, но и растворенаго тѣла относятся подобно молекуламъ жидкостей. Мы можемъ себѣ представить, что молекулы растворенаго тѣла двигаются взадъ и впередъ между молекулами растворителя. Въ нашемъ примѣрѣ, слѣдовательно, молекулы сѣрнокислой мѣди колеблются взадъ и впередъ въ водѣ, въ которой онѣ растворены.

Если растворъ граничитъ сверху съ воздухомъ, то, естественно, молекулы сѣрнокислой мѣди не могутъ выходить за предѣлы этой пограничной поверхности **). Если же поверхъ раствора находится чистая вода, молекулы сѣрнокислой мѣди внѣдряются между молекулами воды и распространяются въ ней дальше. Въ то же время молекулы изъ верхняго слоя чистой воды проникаютъ въ растворъ и разжижаютъ его. Это продолжается до тѣхъ поръ, пока распредѣленіе молекулъ соли не сдѣлается во всемъ пространствѣ совершенно равномѣрнымъ.

Для различныхъ веществъ скорость диффузіи различна, для одного и того же вещества диффузія происходитъ тѣмъ быстрѣе, чѣмъ больше концентрація раствора и чѣмъ выше температура. Вмѣстѣ съ концентраціей растетъ число молекулъ твердаго тѣла, приходящееся на единицу объема раствора; съ температурой возрастаетъ энергія молекулярнаго движенія. Если увеличивается то или другое, то число молекулъ, переходящее въ единицу времени черезъ пограничную поверхность, дѣлается больше. Съ возрастаніемъ температуры увеличивается, кромѣ того, скорость, а вслѣдствіе того и путь, пробѣгаемый молекулами послѣ ихъ перехода въ другую среду.

---

*) О растворахъ и другихъ отношеніяхъ между твердыми тѣлами и жидкостями подробнѣе будетъ сказано въ гл. 7.

**) Если-бы вмѣсто сѣрнокислой мѣди въ растворѣ было летучее вещество, т. е. такое, которое при данной температурѣ можетъ перейти въ газообразную форму, то, конечно, переходъ его въ воздушное пространство былъ бы возможенъ. Подобное тѣло постепенно бы улетучивалось изъ раствора.

18. Диффузія жидкостей черезъ пористыя раздѣлительныя стѣнки. Если двѣ жидкости раздѣлены пористой стѣнкой, положимъ, глиняной пластинкой, то объ онѣ проникаютъ въ поры, внутри нихъ соприкасаются другъ съ другомъ и вступаютъ тамъ въ диффузію. Разъединяющая стѣнка позволяетъ во всякое время раздѣлить жидкости и опредѣлить, сколько каждой изъ нихъ перешло по другую сторону стѣнки. Для этихъ опытовъ пользуются обыкновенно, вмѣсто глиняной пластинки, чѣмъ-нибудь другимъ, напримѣръ, мочевымъ пузыремъ какого-нибудь животнаго или искусственными перепонками, обладающими подобными свойствами. Если по одну сторону находится чистая вода, а по другую водный растворъ, то обнаруживается, что переходъ воды происходитъ въ одномъ направленіи съ большею скоростью, чѣмъ переходъ растворенная тѣла въ противоположномъ направленіи *).

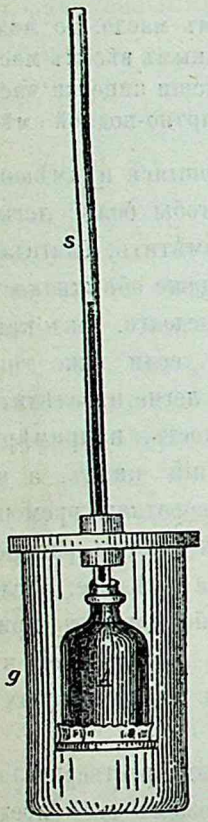


Рис. 14.
Эндосмометръ.
Стеклянный колоколъ A, затянутый снизу свинымъ пузыремъ или растительнымъ пергаментомъ и наполненный растворомъ сѣрнокислой мѣди, находится при помощи пробки въ соединеніи съ трубкой S. Онъ погружается въ сосудъ g, наполненный чистой водой. Сѣрнокислая мѣдь диффундируетъ наружу, что обнаруживается посинѣніемъ воды. Но такъ какъ одновременно вода сильнѣе диффундируетъ внутрь, то жидкость въ трубкѣ S поднимается.

Примѣромъ этому можетъ служить слѣдующій опытъ (рис. 14): широкій стеклянный цилиндръ A снизу закрытъ оболочкой и отчасти наполненъ насыщеннымъ растворомъ сѣрнокислой мѣди; его нижній конецъ погруженъ въ широкій сосудъ g, наполненный дестиллированной водой. Скоро дѣлается замѣтнымъ, что сѣрнокислая мѣдь проходитъ въ воду черезъ перепонку, вода все больше и больше синѣетъ, растворъ же въ цилиндрѣ дѣлается блѣднѣе. Одновременно увеличивается и объемъ жидкости въ цилиндрѣ. Если стеклянный цилиндръ продолжается кверху въ видѣ узкой трубки, то жидкость поднимается въ ней на значительную высоту. Только когда давленіе въ цилиндрѣ достигнетъ значительной величины, дальнѣйшее поступленіе воды въ него прекращается. Объ отклоненіяхъ отъ этого, наблюдаемыхъ у многихъ органическихъ веществъ, рѣчь будетъ ниже.

Явленія этого рода называются **осмозомъ** или **діосмозомъ**. Встрѣчаются также перепонки, черезъ которыя въ состояніи проходить только вода или иные растворители, изъ растворенныхъ же веществъ черезъ нихъ ничто не проходитъ. Такія перепонки называются **полупроницаемыми**. Къ нимъ принадлежатъ многія части живыхъ существъ; поэтому явленія **осмоза** играютъ важную роль въ жизненныхъ процессахъ. Здѣсь мы изложимъ законы **осмоза** только вообще; соотвѣтственныхъ явленій въ живыхъ организмахъ мы коснемся позже. Для изученія ихъ являются подходящими **искусственно приготовляемыя** полупроницаемыя перепонки, ихъ можно получить при образованіи извѣстныхъ химическихъ осадковъ.

Такъ какъ оболочки эти очень тонки и легко разрываются, то ихъ получаютъ на пористыхъ, легко проходимыхъ, но въ то же время твердыхъ поверхностяхъ. Берутъ, напримѣръ, пористый глиняный цилиндръ, въ родѣ употребляемыхъ въ гальваническихъ элементахъ, наполняютъ растворомъ сѣрнокислой мѣди, а затѣмъ растворъ выливаютъ. Стѣнка остается смоченной имъ. Теперь цилиндръ наполняютъ растворомъ желѣзисто-синеродистаго калія и растворъ выливаютъ. Внутренняя поверхность глинянаго цилиндра, благодаря этому, облекается тонкой непрерывной пленкой осадка, состоящаго изъ желѣзисто-синеродистой мѣди; пленка эта, поддерживаемая глиняной стѣнкой, можетъ выдерживать даже высокое давленіе. Сама по себѣ глиняная стѣнка легко позволяетъ прохожденіе какъ воды, такъ и растворенныхъ въ ней веществъ. Тонкая же пленка желѣзисто-синеродистой мѣди, облегающая внутреннюю поверхность цилиндра, проходима только для воды.

*) Мы можемъ представить себѣ оболочку въ видѣ основы, пронизанной многочисленными соединяющимися между собою каналами. Диффузія происходитъ черезъ эти каналы. Весьма пригоденъ для подобныхъ опытовъ такъ называемый **растительный пергаментъ**, т. е. бумага, получившая, вслѣдствіе обработки крѣпкой сѣрной кислотой большую прочность и однородность

Если наполнить подобный цилиндръ растворомъ сахара и плотно закрыть пробкой, черезъ отверстіе которой проходитъ колѣно соотвѣтственнымъ образомъ изогнутаго манометра (рис. 15), то вливаніемъ ртути въ трубку манометра можно значительно повысить давленіе внутри цилиндра. Жидкость тогда начинается просачиваться черезъ перепонку и появляется на наружной поверхности глинянаго цилиндра въ видѣ капель. Жидкость состоитъ только изъ чистой воды; сахара нисколько не прошло черезъ оболочку.

Если поставить цилиндръ, наполненный растворомъ сахара въ сосудъ съ чистой водой, то тотчасъ начинается осмозъ. Извнутри кнаружи сахаръ не диффундируетъ вовсе, вода же проникаетъ въ цилиндръ; вслѣдствіе этого давленіе въ немъ подымается до тѣхъ поръ, пока не будетъ достигнута опредѣленная высота стоянія манометра. Тогда осмозъ прекращается, въ цилиндръ вода больше не поступаетъ. Образовавшееся въ цилиндрѣ давленіе называютъ *осмотическимъ давленіемъ* соотвѣтственнаго раствора.

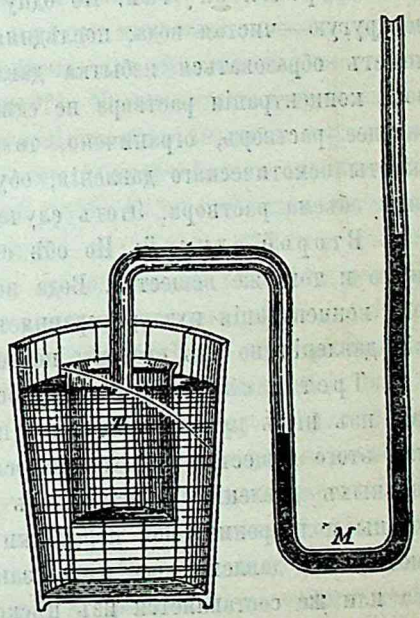


Рис. 15.
Осмотическое давленіе.
Пористый глиняный цилиндръ T покрытъ внутри полупроницаемой пленкой желѣзисто-синеродистой мѣди. Онъ наполняется растворомъ сахара или к. н. соли и соединяется при помощи хорошо пригнанной пробки съ манометромъ M. Если помѣстить цилиндръ въ сосудъ съ чистой водой, то послѣдняя проникаетъ въ цилиндръ, пока не установится опредѣленное, находящееся въ зависимости отъ концентраціи жидкости, давленіе; оно можетъ быть измѣрено по высотѣ стоянія ртути въ манометрѣ.

19. Осмотическое давленіе. Если производятъ подобные опыты съ различными растворами сахара, то находятъ, что осмотическое давленіе растетъ *пропорціонально концентраціи раствора* и *пропорціонально абсолютной температурѣ*. Если производятъ опыты съ различными веществами, то находятъ для одной и той же концентраціи ихъ и для одной и той-же температуры различныя числа; но вышеуказанная законность относится ко всѣмъ веществамъ и для другихъ растворителей, помимо воды. Для веществъ, молекулярный вѣсъ которыхъ извѣстенъ, находятъ, что *осмотическія давленія* (при одинаковомъ процентномъ составѣ и одинаковой температурѣ) *относятся обратно молекулярнымъ вѣсамъ* растворенныхъ тѣлъ.

Если двумъ тѣламъ A и B присущи молекулярные вѣса m_a и m_b, то n молекулъ A будутъ вѣсить $n.\,m_a$, а n молекулъ B — $n.\,m_b$. Вѣса одинаковаго числа молекулъ будутъ, слѣдовательно, относиться, какъ $m_a : m_b$. Если мы отвѣсимъ каждаго изъ этихъ веществъ опредѣленное количество, напримѣръ, 1 грм. и растворимъ его въ 100 см.³ воды, то мы будемъ имѣть *однопроцентные растворы*. Но чѣмъ тяжелѣе молекула, тѣмъ меньше должно быть ихъ число въ 1 грм. Число молекулъ, растворенныхъ въ опредѣленномъ объемѣ жидкости, должно, слѣдовательно, быть при одинаковомъ процентномъ содержаніи обратно пропорціонально молекулярному вѣсу. Мы можемъ поэтому вышеприведенное положеніе, выведенное изъ наблюденія, выразить еще такъ: *осмотическое давленіе прямо пропорціонально числу молекулъ, растворенныхъ въ единицѣ объема, и абсолютной температурѣ*, или еще такъ: *при одинаковомъ осмотическомъ давленіи и одинаковой температурѣ въ данномъ объемѣ раствора содержится одинаковое число растворенныхъ молекулъ.*

Согласіе этого положенія съ аналогичнымъ положеніемъ, найденнымъ для газовъ (ср. § 10), указываетъ на то, что молекулярное состояніе въ обоихъ случаяхъ должно быть

схожимъ. Какъ мы представляемъ себѣ, что молекулы газа свободно двигаются взадъ и впередъ на относительно большихъ разстояніяхъ другъ отъ друга и производятъ на замыкающія ихъ стѣнки давленіе, возрастающее съ числомъ молекулъ, то мы можемъ также думать, что молекулы растворенпаго тѣла внутри растворителя двигаются взадъ и впередъ и вслѣдствіе этого въ силу присущей имъ энергіи производятъ давленіе. Изъ этого представленія можно прямо вывести явленія свободной диффузіи жидкостей, также какъ и явленія диффузіи черезъ раздѣлительныя стѣнки. Но если раздѣлительная стѣнка, будучи проходима для растворителя, не проходима для растворенныхъ веществъ, то могутъ наблюдаться различные случаи.

Первый случай: По одну сторону полупроницаемой перепонки находится растворъ, по другую—чистая вода; послѣдняя проходитъ черезъ перепонку. Если въ эндосмометрѣ не можетъ образоваться избытка давленія, то вступленіе воды продолжается до тѣхъ поръ, пока концентрація раствора не сдѣлается безконечно малой. Если же пространство, заключающее растворъ, ограничено, то давленіе повышается до тѣхъ поръ, пока не достигнетъ высоты осмотическаго давленія, обусловливаемаго числомъ молекулъ, содержащихся въ единицѣ объема раствора. Этотъ случай разсмотрѣнъ нами выше.

Второй случай: По обѣ стороны полупроницаемой перепонки находятся растворы одного и того же вещества. Вода переходитъ изъ болѣе слабаго раствора въ болѣе крѣпкій, пока концентрація ихъ не сравняется или, какъ мы можемъ еще сказать, пока осмотическія давленія по обѣ стороны перепонки не сдѣлаются равными.

Третій случай: Въ жидкости одновременно растворено нѣсколько тѣлъ; тогда каждому изъ нихъ принадлежитъ парціальное давленіе, зависящее отъ количества молекулъ этого вещества, приходящагося на единицу объема растворителя. Сумма этихъ парціальныхъ давленій представляетъ общее осмотическое давленіе раствора. Если по обѣ стороны полупроницаемой перепонки находятся различные растворы, то каждому свойственно осмотическое давленіе, все равно зависитъ ли оно только отъ одного растворенпаго вещества или же составляется изъ нѣсколькихъ парціальныхъ давленій. Если осмотическія давленія въ двухъ жидкостяхъ, раздѣленныхъ полупроницаемой перепонкой, равны, то такія жидкости называются изотоническими.

Явленія будутъ нѣсколько другія, если раздѣляющая перепонка проходима не только для растворителя, но также для одного или многихъ растворенныхъ веществъ. Простой случай такого рода мы видѣли въ § 18.

Всѣ, кратко здѣсь описанныя, явленія играютъ роль при извѣстныхъ жизненныхъ процессахъ. При обсужденіи ихъ мы будемъ имѣть случай точнѣе ихъ изложить, а также тѣ особыя условія, при которыхъ они разыгрываются.

СЕДЬМАЯ ГЛАВА.

Растворепіе и набуханіе.

1. Строеніе твердыхъ тѣлъ. Для дополненія нашихъ свѣдѣній о физическихъ свойствахъ матеріи, изъ которой состоитъ тѣло живыхъ организмовъ, намъ остается сказать еще кой что о твердыхъ тѣлахъ. Послѣднія уже были упомянуты, между прочимъ, въ § 17 предыдущей главы, но только въ состояніи раствора, въ которомъ они перестали быть твердыми тѣлами, а скорѣе сдѣлались, такъ сказать, составными частями жидкости.

Мы имѣемъ основаніе предположить, что при аггрегатномъ состояніи настоящихъ твердыхъ тѣлъ молекулы послѣднихъ вообще ближе придвинуты другъ къ другу, чѣмъ это, пови-

димому, имѣетъ мѣсто у жидкостей *). Поэтому вліяніе ихъ другъ на друга болѣе значительно. Вслѣдствіе этого твердыя тѣла имѣютъ опредѣленную форму, менѣе поддающуюся измѣненіямъ подъ вліяніемъ внѣшнихъ воздѣйствій, между тѣмъ какъ форма газообразныхъ и жидкихъ тѣлъ зависитъ отъ тѣхъ сосудовъ, въ которыхъ они заключены. На этомъ основаніи отношеніе къ давленію, къ измѣненіямъ температуры и т. д. не представляетъ тѣхъ простыхъ законностей, которыя наблюдаются у газовъ.

Расположеніе молекулъ твердаго тѣла бываетъ иногда неравномѣрнымъ. Оно можетъ быть различнымъ въ различныхъ мѣстахъ или можетъ представлять различія въ различныхъ направленіяхъ. Въ такихъ случаяхъ внѣшнія воздѣйствія, давленіе, вытягиваніе и т. д. могутъ вызывать въ одномъ направленіи болѣе сильныя измѣненія, чѣмъ въ другомъ. Если различія въ расположеніи видимы простымъ глазомъ или при микроскопическомъ изслѣдованіи, если соотвѣтственно этому твердое тѣло составлено изъ пластинокъ, волоконъ, зеренъ и т. д., то говорятъ о структурѣ или строеніи тѣла **). Но при этомъ должно имѣть въ виду, что даже самыя мельчайшія, при сильныхъ увеличеніяхъ едва видимыя зернышки, не молекулы, а скопленія молекулъ, что даже въ самыхъ мельчайшихъ зернышкахъ или волоконцахъ еще много молекулъ лежатъ другъ подлѣ друга. Если напластованіе молекулъ въ направленіи трехъ измѣреній пространства различно, то и сфера дѣйствія каждой молекулы или малой группы ихъ можетъ проявиться не одинаково во всѣхъ направленіяхъ того очень небольшого пространства, на которое простирается это дѣйствіе. Представимъ себѣ молекулу или группу молекулъ, находящихся въ точкѣ A пространства и очертимъ около этой точки поверхность, въ предѣлахъ которой вліянія, исходящія изъ A, одинаково сильно дѣйствуютъ на другія молекулы или группы молекулъ; для совершенно гомогеннаго тѣла, т. е. для такого, молекулы или группы молекулъ котораго по всѣмъ направленіямъ расположены одинаково, такой поверхностью одинаковаго молекулярнаго дѣйствія должна быть шаровая поверхность. Подобное тѣло тогда физически гомогенно, его свойства (плотность, проходимость для свѣта, теплоты, электричества и т. д.) по всѣмъ направленіямъ одинаковы. Но если вліянія, исходящія изъ A, различны по всѣмъ тремъ направленіямъ пространства, то эта поверхность принимаетъ сложную форму; если величина дѣйствія мѣняется правильнымъ образомъ въ различныхъ направленіяхъ, то поверхность этого дѣйствія имѣетъ видъ эллипсоида. Тогда сообразно съ этимъ и физическія свойства неодинаковы по различнымъ направленіямъ.

Деревянный кубъ гораздо легче расщепляется въ направленіи хода его волоконъ, чѣмъ въ перпендикулярномъ къ нему; онъ проводитъ въ первомъ направленіи лучше теплоту, это легко можно показать на простомъ опытѣ. Покрываютъ гладко выстроганную, въ направленіи волоконъ вырѣзанную деревянную доску тонкимъ, возможно равномѣрнымъ слоемъ растопленнаго воска. Если, по охлажденіи его, приставить горячую вязальную спицу, то воскъ кругомъ нея растапливается на разстояніи, на которое распространяется теплота, достаточная для плавленія воска. Линія, ограничивающая область расплавленнаго воска, образуетъ эллипсисъ, длинная ось котораго совпадаетъ съ направленіемъ волоконъ дерева ***). Но и при отсутствіи видимой структуры могутъ встрѣтиться различія. Если растворить клей въ кипящей водѣ, налить его тонкимъ слоемъ на стеклянную пластинку и оставить охладиться, то получается тонкая пластинка, однородная во всѣхъ направленіяхъ. Она пропускаетъ также одинаково во всѣхъ направленіяхъ поляризованный

*) Соотвѣтственно этому удѣльные вѣса твердыхъ тѣлъ, большею частью, высоки; изъ элементовъ только калій, литій и натрій легче воды.

**) Составныя части высшихъ организмовъ обладаютъ структурой въ этомъ смыслѣ; послѣдняя, естественно, должна быть принимаема во вниманіе при разсмотрѣніи протекающихъ въ нихъ явленій.

***) Если произвести этотъ опытъ съ металлическою пластинкой, одинаково проводящей тепло по всѣмъ направленіямъ, то фигура плавленія будетъ кругъ. Если же произвести его съ деревянной пластинкой, выструганной перпендикулярно направленію волоконъ, то получится фигура, зависящая отъ прохожденія слоевъ (годовыя кольца).

лучъ. Но если пластинку слегка натянуть въ какомъ-нибудь направленіи, то тотчасъ проявляются различія, пластинка дѣлается *двоякопреломляющей* на томъ же основаніи, по которому стеклянный кубъ дѣлается двоякопреломляющимъ, если сжать его въ одномъ направленіи (см. гл. 4 § 4). Какъ мы еще увидимъ, мы должны представлять себѣ клеевой студень, состоящимъ изъ группъ молекулъ, въ которыхъ тѣсно перемѣшаны молекулы клея и воды. Растяженіемъ эти группы въ направленіи послѣдняго нѣсколько удаляются другъ отъ друга, въ направленіи же ему перпендикулярномъ сближаются, можетъ быть также мѣняются и формы самихъ группъ. Вслѣдствіе этого различія въ молекулярномъ расположеніи прохожденіе свѣта въ одномъ направленіи дѣлается другимъ, чѣмъ въ направленіи, къ нему перпендикулярномъ.

Двойное лучепреломленіе, очень часто наблюдаемое въ составныхъ частяхъ тканей, особенно волокнистыхъ, допускаетъ заключеніе, что молекулярное расположеніе въ различныхъ направленіяхъ различно.

2. Кристаллы и аморфныя тѣла. Различія по тремъ направленіямъ пространства, подобныя обусловливаемымъ строеніемъ или внѣшними воздѣйствіями (растяженіе или давленіе), наблюдаются также въ тѣлахъ, химически совершенно однородныхъ, т. е. состоящихъ изъ совершенно одинаковыхъ молекулъ. Мы должны, слѣдовательно, и этимъ тѣламъ также приписать опредѣленное строеніе; только оно не можетъ быть распознано ни простымъ глазомъ, ни даже при сильномъ микроскопическомъ увеличеніи, для этого требуются другія физическія вспомогательныя средства (поляризованный свѣтъ и т. д.). Въ такихъ случаяхъ мы должны принять, что различія эти существуютъ въ каждой отдѣльной молекулѣ, такъ что сферы дѣйствія самихъ молекулъ различны по всѣмъ тремъ направленіямъ пространства. Слѣдствіемъ этого является то, что, когда молекулы переходятъ изъ жидкаго или газообразнаго состоянія въ твердое, онѣ накладываются другъ на друга совершенно опредѣленнымъ образомъ. Тогда тѣло принимаетъ внѣшній, геометрически правильный видъ, соотвѣтствующій расположенію молекулъ. Тѣла такого рода называются *кристаллами*. Кристаллическія формы (октаэдры, призмы и т. д.) характеризуются поверхностями, наклоненными другъ къ другу подъ опредѣленными углами; соотвѣтственно имъ кристаллы обнаруживаютъ по различнымъ направленіямъ различія въ спайности, въ теплопроводности, въ проведеніи свѣта и т. д.

Кристаллическія формы для нѣкоторыхъ тѣлъ настолько характеристичны, что рядомъ съ другими свойствами служатъ для ихъ распознаванія. Особенно имѣетъ это значеніе тамъ, гдѣ вслѣдствіе недостатка матеріала невозможно полное химическое изслѣдованіе, тѣмъ болѣе, что кристаллическая форма и очень малыхъ кристалловъ можетъ быть опредѣлена микроскопически. Тѣла, не принимающія кристаллической формы, называются *аморфными*.

Въ общемъ можно выставить какъ правило, что проще построенныя тѣла (т. е. тѣ, молекулы которыхъ состоятъ изъ небольшого числа атомовъ) легче кристаллизуются, чѣмъ болѣе сложныя. Поэтому тѣла, встрѣчаемыя въ живыхъ организмахъ, рѣже кристаллизуются. Однако, изъ этого правила существуютъ замѣчательныя исключенія.

Одно и то же тѣло можетъ встрѣчаться въ различныхъ кристаллическихъ формахъ или также въ аморфномъ видѣ, это свойство называется *аллотропіей*. Углеродъ, напримѣръ, встрѣчается въ формѣ октаэдровъ (алмазъ), въ таблицахъ и листочкахъ гексагональной системы (графитъ) или также въ аморфномъ видѣ. Находимая въ природѣ сѣра является иногда въ прекрасныхъ кристаллахъ (ромбическіе октаэдры), подобныя же формы получаются при выпариваніи растворовъ сѣры въ сѣроуглеродѣ. Напротивъ, изъ расплавленной сѣры, при медленномъ охлажденіи, выдѣляются призмы съ ромбическимъ основаніемъ; при быстромъ охлажденіи сѣра застываетъ въ аморфномъ видѣ. И простыя тѣла (элементы), какъ видно изъ этихъ примѣровъ, могутъ кристаллизоваться. Обусловливаются ли различныя кристаллическія формы одного и того же вещества незначительнымъ присутствіемъ примѣсей или только различными условіями, при которыхъ происходитъ кристаллизація, часто въ отдѣльныхъ случаяхъ бываетъ очень трудно рѣшить. Сложныя тѣла, имѣющія аналогичный химическій составъ, часто обнаруживаютъ сходныя кристаллическія формы (*изоморфія*). Ученіе о кристаллическихъ формахъ, какъ это видно изъ сдѣланныхъ краткихъ указаній, имѣетъ большое значеніе для физики и химіи.

И внутри живыхъ организмовъ нерѣдко образуются кристаллы; относящіеся сюда примѣры встрѣтятся въ слѣдующихъ главахъ.

3. Растворы. Къ существеннымъ свойствамъ, характернымъ для распознаванія опредѣленныхъ твердыхъ тѣлъ, принадлежитъ ихъ отношеніе къ жидкостямъ. Нѣкоторыя вещества въ водѣ растворяются легко, другія трудно, а есть и такія, которыя въ ней вообще не растворимы. Вещества, растворимыя въ водѣ, иногда совершенно нерастворимы въ другихъ жидкостяхъ, напримѣръ, въ спиртѣ и обратно. Вода, содержащая уже въ растворѣ опредѣленныя вещества, относится къ нѣкоторымъ другимъ веществамъ иначе, чѣмъ чистая вода *). Такъ какъ вода, а также растворимыя въ ней тѣла очень распространены, то водные растворы во многихъ явленіяхъ мертвой и живой природы играютъ важную роль.

Если привести воду въ соприкосновеніе съ относительно большимъ количествомъ растворимаго вещества, то только часть послѣдняго перейдетъ въ растворъ, избытокъ останется неизмѣненнымъ. Растворъ, заключающій въ себѣ столько растворенпаго вещества, сколько онъ въ состояніи содержать при существующихъ условіяхъ, называется насыщеннымъ. Если растворъ содержитъ столько растворенпаго вещества, что онъ близокъ къ насыщенію, то его называютъ концентрированнымъ; если-же, напротивъ, онъ далекъ отъ насыщенія, то его называютъ разведеннымъ. Чтобы точнѣе указать количество растворенпаго вещества, его обыкновенно вычисляютъ на 100 частей раствора. Слѣдовательно 20-ти процентный растворъ будетъ такой, который въ 100 см.^{3} заключаетъ 20 грм. **).

Растворимость мѣняется съ температурой. По большей части она возрастаетъ съ температурой, однако, встрѣчается также, что при болѣе высокихъ температурахъ она снова уменьшается.

Въ качествѣ примѣра растворимости нѣкоторыхъ веществъ въ водѣ при различныхъ температурахъ можетъ служить слѣдующая таблица, показывающая, сколько граммъ соотвѣтственнаго тѣла растворяется въ 100 грм. воды.

Температура.	Азотнокислый калій.	Хлористый натрій.	Хлористый аммоній.	Сѣрнокислый кальцій.
0°	13,32	35,52	28,40	0,19
20°	31,20	36,01	37,28	0,21
40°	63,97	36,64	46,16	0,21
60°	110,90	37,25	55,04	0,21
80°	172,00	38,22	63,92	0,20
100°	247,00	39,61	72,80	0,17

*) Совершенно чистую воду получаютъ тщательной повторной перегонкой ея изъ сосудовъ, не разъѣдаемыхъ водою, напр., изъ платиновыхъ. Первыя и послѣднія порціи перегона, заключающія въ себѣ легче и труднѣе летучія примѣси, отбрасываются. Вода, освобожденная отъ всѣхъ растворенныхъ веществъ, является почти полнымъ изоляторомъ, т. е. она не проводитъ электрическаго тока.

**) Вмѣсто этого иногда также подразумѣваютъ, что 20 грм. растворены въ 100 грм. растворителя. При водѣ оба рода обозначенія несущественно отличаются другъ отъ друга, но это различіе дѣлается замѣтнымъ при жидкости, удѣльный вѣсъ которой значительно удаляется отъ 1. Обозначеніе, употребляемое въ текстѣ, обычное.

Если какого нибудь вещества отвѣсить столько граммъ, сколько отвѣчаетъ его молекулярному вѣсу (срав. гл. 8 § 6 и слѣд.), то это количество называется граммомолекулой соотвѣтственнаго вещества. Это даетъ поводъ къ другому роду обозначенія концентраціи, которое весьма полезно, особенно для сравненія растворовъ различныхъ веществъ. Именно дается тотъ объемъ раствора, въ которомъ содержится граммомолекула вещества, или вмѣсто этого число граммомолекулъ, растворенныхъ въ одномъ литрѣ жидкости. 20-ти процентный растворъ хлористаго натрія, напримѣръ, содержитъ одну граммомолекулу въ 292,5 см.^{3} жидкости, 20-ти процентный растворъ хлористаго калія въ 372,5 см.^{3}.

При послѣдующемъ разсмотрѣніи исключены всѣ тѣ случаи, въ которыхъ дѣйствіемъ жидкости на твердыя тѣла послѣднія измѣняются въ своемъ химическомъ составѣ. Только тогда мы можемъ утверждать, что молекулы твердаго тѣла распредѣлены между молекулами жидкости, при чемъ молекулярныя свойства ихъ остались неизмѣненными. Въ этомъ смыслѣ можно также абсорбцію газовъ жидкостями и смѣшеніе жидкостей подвести подъ понятіе раствора.

Какъ на примѣръ очень трудно растворимаго тѣла можно указать на хининъ, 1 вѣсовая часть котораго для своего растворенія требуетъ 1667 частей воды.

При охлажденіи горячихъ насыщенныхъ растворовъ выпадаетъ часть растворенная тѣла, при выпариваніи или испареніи растворителя вся масса, иногда въ кристаллическомъ видѣ.

Многія соли, а также другія вещества, при раствореніи въ водѣ, соединяются съ послѣдней; тогда въ жидкости растворены уже не первоначальныя вещества, а такъ называемыя гидраты. При испареніи гидратная вода остается соединенной съ растворенным тѣломъ и можетъ быть выдѣлена изъ него только путемъ сильнаго нагрѣванія. Если выдѣленіе происходитъ въ видѣ кристалловъ, то извѣстное количество воды можетъ остаться въ молекулярномъ соединеніи съ кристаллизующимся веществомъ. И эта кристаллизаціонная вода можетъ быть удалена изъ вещества только при помощи сильнаго нагрѣванія его или постепенно послѣ долгаго лежанія въ сухомъ воздухѣ. При этомъ кристаллическая форма разрушается; кристаллы распадаются въ аморфный порошокъ.

4. Свойства растворовъ. Растворы отличаются отъ чистыхъ растворителей не только химическими свойствами, зависящими отъ природы растворенная вещества, но и чисто физически. Они имѣютъ иной удѣльный вѣсъ, иную расширяемость, иную силу сцѣпленія, иную преломляемость и т. д. Особенно слѣдуетъ обратить вниманіе на измѣненія точки кипѣнія и замерзанія и электропроводности; такъ какъ при этомъ могутъ быть установлены важныя законности. Чистая вода замерзаетъ при 0°, кипитъ (при давленіи въ 760 lg) при 100°, напряженіе ея паровъ при 18° равняется 15 м.м. lg., ея преломляемость 1,33 *). Напротивъ, растворъ 25 грм. поваренной соли въ 100 грм. воды замерзаетъ при —4°, кипитъ при 105, его преломляемость=1,53 и т. д.

Чѣмъ больше содержится растворенная твердаго тѣла въ какой нибудь опредѣленной единицѣ объема, тѣмъ больше понижается температура замерзанія и повышается температура кипѣнія. Если выразить концентрацію въ граммомолекулахъ, заключающихся въ литрѣ, то обнаруживается, что пониженіе точки замерзанія пропорціонально числу граммомолекулъ, совершенно независимо отъ химической природы растворенная вещества. Этотъ законъ примѣнимъ ко всѣмъ растворителямъ, но для каждаго изъ нихъ пониженіе, вычисленное для граммомолекулы, представляетъ другую величину. Для воды она=1,85, для бензола 5,1 и т. д.

То же самое относится и къ повышенію точки кипѣнія; оно также пропорціонально числу граммомолекулъ, растворенныхъ въ одномъ литрѣ. Повышеніе точки кипѣнія находятъ, помножая число граммомолекулъ на постоянный факторъ. Онъ для воды, какъ растворителя =0,52, для бензола =2,7.

Оба закона точно приложимы только не для очень концентрированныхъ растворовъ. Если, напротивъ, работаютъ съ разведенными растворами такъ называемыхъ электролитовъ ср. гл. 9 § 3), то должно имѣть въ виду, что они распадаются на электролитически раздѣляемыя составныя части, такъ что число свободныхъ молекулъ, находящихся въ жидкости, дѣлается больше вычисленнаго на основаніи молекулярнаго вѣса и концентраціи **).

Послѣ того какъ законы повышенія температуры и пониженія точки замерзанія были установлены на извѣстномъ числѣ веществъ, молекулярный вѣсъ которыхъ былъ извѣстенъ на основаніи другихъ изслѣдованій, сдѣлалось возможнымъ обратно пользоваться пониженіемъ точки замерзанія или повышеніемъ точки кипѣнія для опредѣленія молекулярнаго вѣса соединеній, химическая конституція которыхъ еще неизвѣстна. Срав. гл. 8 § 14.

Если медленно охлаждать разведенные растворы, то, когда температура опустилась ниже точки замерзанія растворителя, прежде всего замерзаетъ часть послѣдняго, растворъ, слѣдовательно, дѣлается концентрированнѣе. Такъ какъ вслѣдствіе этого точка замерзанія опускается

---

*) Подъ преломляемостью подразумѣвается отношеніе синуса угла паденія къ синусу угла преломленія при переходѣ свѣтового луча изъ безвоздушнаго пространства въ соотвѣтствующія вещества.

**) При очень разведенныхъ растворахъ молекулы совершенно распадаются; тогда число граммомолекулъ множится на 2.

ниже, то часть растворенная вещества остается въ растворѣ. Если охлаждать дальше, то явленіе это повторяется, пока растворъ не будетъ насыщенъ для данной температуры. Только тогда застываетъ вся масса. При таяніи плавится сначала растворитель и выпавшее тѣло постепенно растворяется.

Это явленіе играетъ, вѣроятно, нѣкоторую роль при дѣйствіи низкихъ температуръ на живое вещество. Какъ мы увидимъ, послѣднее обыкновенно пропитано разведенными растворами всякаго рода неорганическихъ и органическихъ веществъ. Если его замораживать и снова оттаивать, то образующаяся изъ замерзшаго льда чистая вода дѣйствуетъ губительно на форменныя составныя части тканей. Этимъ объясняется, почему замерзшее живое вещество при медленномъ оттаиваніи, когда вода имѣетъ время снова растворить выпавшія вещества, остается неповрежденной. Садовники знаютъ это очень хорошо; поэтому существуетъ правило, что замерзшія растенія медленно оттаиваются въ помѣщеніи, температура котораго немного выше 0°.

Нѣкоторыя вещества растворимы только въ водѣ, другія же въ водѣ нерастворимы, но растворяются въ спиртѣ или въ смѣси спирта и эфира и т. д. Это практически важно, напримѣръ, при опредѣленіяхъ пониженія точки замерзанія или повышенія точки кипѣнія, такъ какъ позволяетъ пользоваться для каждаго вещества подходящимъ для него растворителемъ *). Отношенія растворимости служатъ также въ качествѣ отличительныхъ признаковъ при описаніи веществъ и представляютъ часто средства выдѣлить изъ смѣси отдѣльныя тѣла. Напримѣръ, изъ смѣси, составныя части которой частью растворимы только въ водѣ, частью только въ спиртѣ, при обработкѣ водой можно сначала извлечь вещества, растворимыя въ послѣдней. Если другую часть растворить въ спиртѣ и разбавить растворъ большимъ количествомъ воды, то въ растворѣ останутся только тѣ вещества, которыя растворимы какъ въ водѣ, такъ и въ спиртѣ (или въ очень разведенномъ спиртѣ), между тѣмъ какъ вещества, растворимыя только въ послѣднемъ, *выпадаютъ* или *осаждаются*. Подобные пріемы служатъ для предварительнаго раздѣленія веществъ, въ качествѣ важнаго средства, при многихъ химическихъ изслѣдованіяхъ **).

Изъ протеиновыхъ веществъ, имѣющихъ важное значеніе для физіологической химіи и о которыхъ подробно будетъ сказано въ гл. 10, нѣкоторыя растворимы въ чистой водѣ, другія только въ водѣ, содержащей извѣстныя соли, другія же, при прибавленіи опредѣленныхъ солей, выпадаютъ изъ водныхъ растворовъ. Это *высаливаніе* является поэтому средствомъ отдѣлять вещества отъ другихъ, вмѣстѣ съ ними находящихся въ растворѣ.

5. Ложные растворы. Растворы многихъ органическихъ и нѣкоторыхъ немногихъ неорганическихъ веществъ существенно отличаются по своимъ свойствамъ отъ всѣхъ другихъ растворовъ тѣлъ, обозначаемыхъ растворимыми въ обыкновенномъ смыслѣ. Если растворить поваренную соль, сахаръ или какое нибудь другое изъ подобныхъ веществъ, то растворъ бываетъ прозраченъ, какъ вода. Если растворенное тѣло имѣетъ какой нибудь цвѣтъ, то и растворъ окрашенъ; онъ поглощаетъ часть проходящаго черезъ него свѣта и пропускаетъ только свѣтъ опредѣленной окраски; но очертанія предметовъ, разсматриваемыхъ черезъ такой растворъ, представляются рѣзко и ясно ограниченными. Растворы же другихъ веществъ, за типъ которыхъ мы можемъ принять бѣлки, мутны, при болѣе сильномъ разведеніи *опалесцируютъ*. Если направить сильный свѣтъ на такой растворъ, то можно видѣть ходъ лучей, доказательство того, что свѣтъ частью отражается отъ маленькихъ тѣлецъ, находящихся въ жидкости. Та часть, которая проходитъ, испытываетъ на краяхъ этихъ тѣлецъ измѣненія вслѣдствіе отклоненія. Все это вызываетъ предположеніе, что растворенное тѣло не распалось на молекулы, которыя по одиночкѣ распредѣлились въ жидкости, какъ это имѣетъ мѣсто при растореніи, а сохранило большіе комплексы молекулъ, дѣйствующихъ указаннымъ образомъ на свѣтъ.

Если, при постоянномъ помѣшиваніи, капать въ воду медленно, небольшими количествами, спиртный растворъ какого-нибудь вещества, въ водѣ нерастворимаго, напр., растворъ смолы, то

*) Поэтому выше рядомъ съ водой мы указывали на бензолъ, какъ на примѣръ другого растворителя.

**) Отъ этого должны быть отличаемы тѣ случаи, въ которыхъ вещества осаждаются или выпадаютъ изъ растворовъ вслѣдствіе *химическаго измѣненія*. Если прибавить сѣрную кислоту къ раствору ѣдкаго барита, то образуется нерастворимый сѣрнокислый барій, и весь барій выпадаетъ, какъ сульфатъ. Нѣкоторыя протеиновыя тѣла переходятъ отъ нагрѣванія въ нерастворимое видоизмѣненіе, поэтому можно изъ раствора альбумина осадить весь альбуминъ, если нагрѣть его приблизительно до 75°. Подробности относительно этихъ процессовъ см. въ гл. 9 и 10.

послѣдняя выпадаетъ въ видѣ очень маленькихъ частичекъ, которыя, вслѣдствіе своего незначительнаго удѣльнаго вѣса, остаются взвѣшенными въ водѣ. Такая жидкость опализируетъ, она не вполнѣ прозрачна; если разсматривать предметы черезъ тонкіе слои ея, то предметы кажутся неопредѣленными, съ неясными контурами. При прохожденіи солнечнаго свѣта болѣе преломляемые (синіе и фіолетовые) лучи сильнѣе поглощаются, чѣмъ красные; при паденіи свѣта красные лучи сильнѣе отражаются, чѣмъ синіе. Если направить пучекъ сильныхъ лучей на такую жидкость, то можно прослѣдить ходъ ихъ вслѣдствіе разсѣяннаго отраженія отъ взвѣшенныхъ частичекъ на томъ самомъ основаніи, на какомъ можно прослѣдить ходъ свѣтовыхъ лучей въ пыли, взвѣшенной въ воздухѣ. Такъ какъ растворы бѣлка и другихъ ему подобныхъ веществъ обнаруживаютъ совершенно то же самое, то можно принять, что это зависитъ отъ одинаковыхъ условій.

Изъ этого отношенія къ свѣту мы должны, слѣдовательно, вывести заключеніе, что подобныя вещества не даютъ истинныхъ растворовъ, по меньшей мѣрѣ, въ томъ видѣ, какъ это обыкновенно имѣетъ мѣсто для тѣлъ растворимыхъ. Поэтому мы называемъ растворы такого рода **ложными**. Кромѣ того, они обнаруживаютъ также извѣстныя особенности въ своихъ физическихъ свойствахъ. Замѣчательно именно большое возрастаніе **тягучести**, которая придаетъ болѣе концентрированнымъ растворамъ способность *тянуться въ нити* *).

Изъ органическихъ веществъ, подобно бѣлку, относятся клей, слизистыя вещества или муцины, гумми, декстринъ; изъ неорганическихъ—гидраты кремнезема, глинозема. Всѣ они образуютъ группу, рѣзко отличающуюся и по другимъ физическимъ свойствамъ отъ веществъ, дающихъ истинные растворы. Большое число послѣднихъ часто выдѣляется изъ растворовъ въ кристаллической формѣ, первыя же (за очень немногими исключеніями) вообще не обладаютъ способностью кристаллизоваться; поэтому однимъ дается названіе **кристаллоидовъ**, другимъ **коллоидовъ** (отъ colla, клей).

Если налить на какое-нибудь кристаллоидное вещество, напримѣръ, хлористый натрій, воды въ количествѣ, недостаточномъ для полнаго растворенія, то избытокъ соли остается неизмѣненнымъ. Если слить растворъ, то остается каша, состоящая изъ поваренной соли и раствора, задержаннаго между твердыми частицами вслѣдствіе капиллярнаго притяженія. Если размазать эту кашу плоскимъ слоемъ по пропускной бумагѣ или по тарелкамъ изъ слабо обожженной глины, то такимъ образомъ можно отсосать всю жидкость; подъ конецъ остается въ неизмѣненномъ видѣ поваренная соль, не перешедшая въ растворъ.

Коллоидныя вещества при тѣхъ же условіяхъ относятся иначе; сывороточный альбуминъ, напримѣръ, представляетъ въ чистомъ, сухомъ состояніи бѣлую, довольно ломкую массу. Если превратить его въ ступкѣ въ тонкій порошокъ, облить послѣдній водой, при частомъ помѣшиваніи стеклянной палочкой, и дать ему отсѣсть, то жидкость, стоящая поверхъ осадка, представляется въ видѣ ложнаго раствора со всѣми вышеописанными, присущими ему свойствами. Осадокъ же не имѣетъ уже вида порошка, онъ образуетъ мягкую, желеобразную массу. Если пытаются вышеописаннымъ образомъ черезъ пропускную бумагу удалить жидкую часть, то это удается не вполнѣ. Только путемъ долгаго высушиванія на воздухѣ, скорѣе при болѣе высокой температурѣ или въ безвоздушномъ пространствѣ возможно отнять отъ него всю воду. Но при этомъ получается не порошокъ, а слипшаяся роговая масса и только при помощи новаго измельченія удается привести его въ то состояніе, которое онъ имѣлъ до соприкосновенія съ водой.

6. Набуханіе. Если положить на предметное стекло немного яичнаго альбумина, измельченнаго въ порошокъ, прибавить воды и разсматривать въ микроскопъ, то будетъ видно, что вода проникаетъ въ зернышки, послѣднія увеличиваются и, наконецъ, при соприкосновеніи, слипаются другъ съ другомъ. Этотъ процессъ называютъ **набуханіемъ**.

Съ цѣлью наблюденія процесса въ большомъ масштабѣ, мы положимъ въ воду нѣсколько тонкихъ пластинокъ клея, извѣстныхъ въ продажѣ подъ именемъ желатина. Клей впитываетъ

*) Отъ тягучести или сцѣпленія жидкостей, т. е. прочности, съ которою молекулы послѣдней пристаютъ другъ къ другу, зависитъ, между прочимъ, также скорость, съ которою жидкости текутъ по узкимъ трубкамъ при одинаковыхъ условіяхъ давленія. Такъ какъ кровь представляетъ растворъ многихъ веществъ, между которыми находятся также и упомянутыя въ текстѣ, то вліяніе большой вязкости должно особенно имѣть въ виду при ученіи о движеніи крови.

въ себя часть воды и поэтому увеличивается въ объемѣ. Увеличеніе объема, вслѣдствіе набуханія, можетъ при случаѣ произвести значительныя механическія дѣйствія. Деревянные клинья, вколоченные въ пробуравленныя отверстія камней и затѣмъ смоченные, могутъ разорвать камни; черепъ разламывается на отдѣльныя, составляющія его кости, если наполнить его горохомъ и положить въ воду.

Если кипятить разбухшій клей съ небольшимъ количествомъ воды, то онъ растворяется въ вязкую жидкость, образуетъ ложный растворъ со всѣми характерными для него свойствами. Если охладить такой растворъ, то онъ желатинируетъ, т. е. превращается въ студень. Растворъ переходитъ въ плотное состояніе, но масса не ломается, какъ первоначально употребленный для опыта клей. Вся вода, впитанная при разбуханіи и пошедшая на раствореніе, удерживается въ тѣсной смѣси съ плотной массой. Это новое вещество отличается отъ другихъ твердыхъ тѣлъ существенными признаками.

Твердыя тѣла можно давленіемъ, растяженіемъ, вращеніемъ и т. д. согнуть, сломать или разорвать. Нашъ клеевой студень относительно легко рвется. Оторванный кусокъ имѣетъ, какъ это, впрочемъ, обыкновенно бываетъ и у твердыхъ тѣлъ, зубчатые края и опредѣленную форму. Если положить подобный кусокъ на стеклянную пластинку, то зубцы постепенно закругляются, не подпертыя части медленно опускаются и, наконецъ, кусокъ принимаетъ форму плоской капли съ гладкими краями. Такимъ образомъ, подобный студень не твердъ въ собственномъ смыслѣ слова; онъ относится нѣкоторымъ образомъ какъ жидкость, но отличается отъ нея медленностью, съ которою происходитъ передвиженіе молекулъ.

Подобныя явленія обнаруживаютъ также нѣкоторыя другія твердыя тѣла, варъ, сургучъ и т. п. при температурахъ, близко лежащихъ около точки ихъ плавленія. Они дѣлаются передъ началомъ плавленія мягкими и гибкими. Если въ теплой комнатѣ положить концы сургучной палочки на подставки, то она сгибается вслѣдствіе собственной тяжести; середина медленно прогибается. Если привѣсить тяжесть на тонкой проволокѣ, обхватывающей середину палочки, то проволока медленно врѣзывается въ сургучъ и, наконецъ, перерѣзаетъ его совершенно, такъ что тяжесть падаетъ, но плоскости разрѣза позади проволоки склеиваются снова такъ что палочка не разламывается. Опытъ удается тѣмъ легче, чѣмъ выше температура комнаты. И у другихъ твердыхъ тѣлъ можно наблюдать подобныя явленія, но для этого требуется сильное давленіе.

Мы видимъ, на основаніи сказаннаго, что коллоидныя тѣла отъ воспринятія воды или, какъ мы назвали, разбуханія, приходятъ въ состояніе, которое представляетъ нѣчто среднее между твердымъ и жидкимъ состояніемъ аггрегаціи; поэтому мы назовемъ его полужидкимъ. Оно часто наблюдается въ живыхъ веществахъ. Многія явленія, обнаруживаемыя послѣдними, сдѣлаются понятными, если составить себѣ ясное представленіе о свойствахъ полужидкихъ тѣлъ. Суть разбуханія состоитъ въ томъ, что молекулы воды проникаютъ между молекулами коллоидныхъ веществъ и образуютъ съ ними новые своеобразные молекулярные комплексы *). Это обнаруживается ясно, при осажденіи коллоидныхъ веществъ изъ ихъ растворовъ. Если вызвать образованіе осадка въ истинномъ растворѣ или испареніемъ части воды или прибавленіемъ большихъ количествъ алкоголя къ веществу, растворимому въ водѣ, но нерастворимому въ спиртѣ, то растворенное тѣло выпадаетъ въ томъ самомъ состояніи, въ которомъ оно было растворено, т. е. въ безводномъ состояніи или съ гидратной водой **). Коллоидныя тѣла, напротивъ, выпадаютъ изъ растворовъ всегда въ разбухшемъ состояніи; они связываютъ такъ много воды, что если ра-

*) Тоже самое относится и къ коллоиднымъ тѣламъ, въ водѣ не разбухающимъ, но разбухающимъ въ другихъ жидкостяхъ, напримѣръ, каучукъ въ алкоголѣ, эфирѣ, хлороформѣ, сѣроуглеродѣ; смолы въ алкоголѣ и т. д.

**) Осадокъ можетъ быть и кристаллическимъ и тогда содержать иногда кристаллизаціонную воду. Чтобы не очень усложнять отношенія, мы оставляемъ въ сторонѣ случаи, въ которыхъ, при прибавленіи къ раствору, растворенное тѣло испытываетъ химическое превращеніе

створъ былъ концентрированъ, вся масса дѣлается плотной. Это видно ясно, если нагрѣть бѣлокъ птичьяго яйца. Альбуминъ, дѣлающійся нерастворимымъ при нагрѣваніи нѣсколько выше 70°, захватываетъ всю воду. Совершенно тоже происходитъ при нагрѣваніи кровяной сыворотки; и она уплотняется, такъ какъ сывороточный альбуминъ, весьма схожій съ яичнымъ, дѣлаясь нерастворимымъ, захватываетъ всю воду. И уплотненіе крови, при выдѣленіи образующагося въ ней фибрина, и выдѣленіе казеина изъ молока—аналогичныя явленія. Явленія этого рода называютъ свертываніемъ *).

На основаніи сказаннаго мы можемъ составить себѣ слѣдующее представленіе о полужидкомъ состояніи аггрегаціи. Молекулы коллоиднаго вещества вмѣстѣ съ находящимися между ними молекулами воды образуютъ большія скопленія, молекулярные комплексы, распредѣленные въ растворителѣ. Величина этихъ молекулярныхъ комплексовъ можетъ быть очень различна. Если они малы, а разстоянія между ними относительно велики, то имѣется ложный растворъ. Если они больше и соединены плотнѣе, то масса имѣетъ характеръ губки, пропитанной жидкостью; плотные разбухшіе комплексы атомовъ образуютъ тогда родъ основы съ сообщающимися между собою полостями, наполненными водою. Это и есть собственно полужидкое состояніе, которое, сообразно отношенію между твердыми и жидкими частями, можетъ представлять всѣ возможные переходы между состояніемъ чисто-жидкимъ и чисто-твердымъ.

Пористыя тѣла, т. е. твердыя тѣла съ узкими полостями и каналами, если они и несостоятъ изъ разбухающаго вещества, могутъ впитывать въ себя воду вслѣдствіе капиллярности. Этотъ родъ пропитыванія или имбибиціи, какъ онъ происходитъ у гипса, пемзы, не должно смѣшивать съ разбуханіемъ. Вода входитъ при этомъ въ уже предобразованныя полости, вытѣсняя заключающійся въ нихъ воздухъ. Поэтому, если стѣнки этихъ полостей не могутъ разбухать, то ни объемъ, ни форма плотнаго тѣла не измѣняются отъ воспринятія воды. Если способное къ разбуханію тѣло имѣетъ полости, то вода проникаетъ сначала въ нихъ, а затѣмъ въ самое вещество; послѣднее вслѣдствіе истиннаго разбуханія увеличивается въ объемѣ, но частью на счетъ полостей, благодаря этому съуживающихся и, наконецъ, совершенно исчезающихъ. При сушеніи могутъ затѣмъ снова образоваться новыя полости, трещины, какъ это нерѣдко наблюдается на массахъ животнаго происхожденія **).

Изъ разбухшихъ коллоидовъ часть пропитывающей ихъ воды можно удалить прессованіемъ. Нѣсколько больше теряютъ они воды при долгомъ нахожденіи въ сухомъ воздухѣ или въ безвоздушномъ пространствѣ. Ихъ тогда называютъ воздушно сухими. Но чтобы освободить ихъ отъ послѣдняго остатка находящейся въ нихъ воды, ихъ должно долгое время сушить, по меньшей мѣрѣ, при температурѣ въ 110°.

7. Осмозъ и коллоиды. Живое вещество, т. е. такое, которое обнаруживаетъ жизненныя явленія, обладаетъ, какъ сказано, свойствами полужидкаго состоянія аггрегаціи. Особенно должно обратить вниманіе на три обстоятельства. Во первыхъ: полужидкія образованія легко деформируются при вытяженіи или давленіи, все равно, дѣйствуютъ ли эти силы извнѣ или же энергія проявляется внутри самихъ массъ. Такимъ образомъ возникаютъ въ живомъ веществѣ собственныя движенія, характерныя для жизненныхъ явленій. Во вторыхъ: вслѣдствіе совершеннаго пропитыванія живого вещества въ пропитывающей водѣ диффузіонные процессы могутъ совершаться совершенно также, какъ и въ настоящихъ жидкостяхъ; происходитъ постоянный обмѣнъ газами и растворенными тѣлами между живымъ веществомъ и окружающею средою. Въ третьихъ: вслѣдствіе этихъ диффузіонныхъ процессовъ, всякаго рода вещества, въ томъ числѣ и кислородъ, приходятъ въ молекулярное соприкосновеніе съ органическими тѣлами, входящими въ составъ живого вещества; такъ могутъ происходить въ немъ химическія превращенія, отдача наружу продуктовъ превращенія и доставка извнѣ новыхъ веществъ съ цѣлью поддержанія химическихъ процессовъ.

*) О различныхъ, здѣсь упомянутыхъ веществахъ, подробности см. въ десятой главѣ.

**) Такія же явленія обнаруживаютъ смолы и другія вещества, разбухающія въ спиртѣ; при испареніи его, объемъ уменьшается и тогда тоже появляются щели и трещины.

Какъ уже указано въ гл. 6 § 17, при свободной диффузіи другъ въ друга двухъ жидкостей, скорость распространенія молекулъ для различныхъ веществъ различна. Всѣ коллоидныя вещества обладаютъ очень незначительною скоростью диффузіи. Если диффузія происходитъ черезъ пористую стѣнку, въ родѣ глиняной пластинки и т. п., то въ узкихъ каналахъ скорость дѣлается еще меньше и въ случаѣ, если каналы очень узки, какъ въ животныхъ перепонкахъ, бумагѣ, растительномъ пергаментѣ и т. п., скоростъ диффузіи можетъ до того уменьшиться, что въ теченіе 24—48 часовъ почти ничего изъ коллоиднаго тѣла не проходитъ черезъ перепонку. Такая перепонка относится къ коллоиднымъ тѣламъ подобно полупроницаемымъ перепонкамъ (гл. 6 § 18), для кристаллоидовъ же она проходима.

Чтобы показать это, наполняютъ эндосмометръ (рис. 14, стр. 88) растворомъ бѣлка и погружаютъ его нижнимъ концомъ, закрытымъ растительнымъ пергаментомъ въ большой сосудъ съ водой. Послѣдняя черезъ перепонку диффундируетъ въ растворъ бѣлка, какъ это ясно видно изъ того, что уровень жидкости въ трубкѣ эндосмометра быстро повышается. Напрстивъ, въ противоположномъ направленіи черезъ перепонку бѣлокъ или совсѣмъ не проходитъ или только въ видѣ слѣдовъ. Вода остается совершенно прозрачной; даже спустя долгое время въ ней химическими реактивами нельзя доказать присутствія бѣлка. Поэтому говорятъ, *бѣлокъ не диффундируетъ*. Въ этомъ смыслѣ и другія важныя вещества, встрѣчающіяся въ живыхъ организмахъ, тоже не диффундируютъ. Различное отношеніе этихъ и примѣшанныхъ къ нимъ кристаллоидныхъ веществъ должно быть принимаемо во вниманіе при разсмотрѣніи перемѣщенія веществъ, происходящаго при жизненныхъ явленіяхъ.

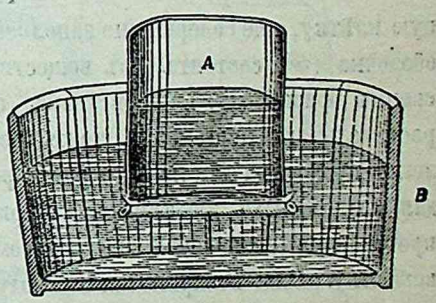


Рис. 16.

Діализаторъ.

Сосудъ *A*, закрытый снизу перепонкой изъ растительнаго пергамента, содержитъ воду съ растворенными въ ней кристаллоидными и коллоидными тѣлами; сосудъ *B* наполненъ чистой водой. Кристаллоиды диффундируютъ черезъ перепонку, коллоиды остаются въ *A*.

Если въ жидкости эндосмометра рядомъ съ коллоидными тѣлами растворены и кристаллоиды, то послѣдніе диффундируютъ черезъ перепонку. Этимъ можно пользоваться, чтобы удалить изъ смѣси коллоидныхъ и кристаллоидныхъ тѣлъ послѣднія. Пріемъ этотъ называется *діализомъ*.

Наиболѣе употребляемый съ этою цѣлью *діализаторъ* (рис. 16) состоитъ изъ низкаго цилиндрическаго сосуда *A*, дно котораго образуетъ пергаментная бумага. Если налить въ него растворъ бѣлка, содержащій кромѣ послѣдняго, еще какія нибудь кристаллоидныя тѣла и пустить его плавать въ бо́льшій сосудъ *B*, наполненный водою, то всѣ кристаллоидныя тѣла диффундируютъ въ эту воду; въ *A*, въ концѣ концовъ остается чистый бѣлковый растворъ.

Если замкнутое пространство, содержащее растворъ, окружено менѣе концентрированнымъ растворомъ, то въ это пространство можетъ войти воды больше, чѣмъ выйти изъ него. Въ этомъ случаѣ или увеличивается объемъ или, если стѣнки не могутъ растянуться, поднимается давленіе. Обратное происходитъ въ томъ случаѣ, если растворъ во внутреннемъ сосудѣ менѣе концентрированъ, чѣмъ въ наружномъ. Если въ свиной пузырь налить раствора соли, завязать его и спавшійся пузырь положить въ воду, то онъ раздувается, такъ какъ вода вступаетъ въ него быстрѣе, чѣмъ диффундируетъ наружу солевой растворъ. Тоже самое происходитъ, если положить въ воду пузырь, наполненный алкоголемъ, такъ какъ послѣдній диффундируетъ черезъ животную перепонку медленнѣе, чѣмъ вода. Но рядомъ съ природою жидкости и свойство перепонки оказываетъ вліяніе на скорость диффузіи. Потомучто, если алкоголь и воду раздѣлить тонкой каучуковой перепонкой, то спиртъ проходитъ черезъ перепонку быстрѣе, чѣмъ вода.

При изслѣдованіи подобныхъ процессовъ въ растеніяхъ обратили вниманіе на эти явленія и назвали случай, гдѣ объемъ или давленіе въ замкнутомъ пространствѣ возрастаетъ, *эндосмозомъ*, противоположный случай *экзосмозомъ*.

8. Осмозъ въ растительныхъ клѣткахъ. Полужидкія массы, въ которыхъ собственно разыгрываются жизненные процессы, состоятъ изъ тѣснаго смѣшенія коллоидныхъ

веществъ съ водой, въ которой растворены кристоллоидныя тѣла. Что бы не забѣгать впередъ въ описаніи свойствъ этихъ массъ, достаточно пока замѣтить, что онѣ встрѣчаются соединенными въ маленькіе комки и что эти послѣдніе, называемые клѣтками, омываются жидкостью съ растворенными въ ней различными коллоидными и кристаллоидными веществами. Масса этихъ комочковъ, состоящая изъ многихъ веществъ, называется протоплазмой. Иногда, именно у растительныхъ клѣтокъ, эти комочки протоплазмы одѣты еще особеннымъ слоемъ иначе построеннаго вещества, клѣточной кожицей или клѣточной оболочкой.

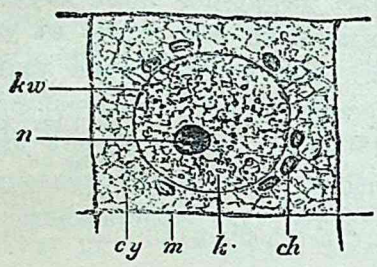


Рис. 17.
Молодая растительная клѣтка съ оболочкой (*m*), ядромъ (*k*) и протоплазмой или цитоплазмой (*cy*), вполнѣ заполняющій клѣтку. Остальныя части клѣтокъ будутъ описаны позднѣе.

Рис. 17 Изображаетъ растительную клѣтку, еще совершенно заполненную протоплазмой *) клѣточная оболочка (*m*) состоитъ изъ вещества, называемаго клѣтчаткой. По своимъ физическимъ свойствамъ она подобна тонкой оболочкѣ растительнаго пергамента, тоже состоящаго изъ клѣтчатки. Она легко проходима для воды и растворенныхъ кристаллоидныхъ тѣлъ, для коллоидныхъ же трудно. Содержимое же клѣтки, полужидкая протоплазма, относится во многомъ подобно полупроницаемому веществу. Оно воспринимаетъ воду или отдаетъ ее, но растворенныя въ водѣ вещества могутъ проникать въ нее только съ трудомъ, нѣкоторыя и совсѣмъ не могутъ. **)

При ростѣ такой клѣтки, содержаніе въ ней воды значительно увеличивается вслѣдствіе воспринятія извнѣ, протоплазма же увеличивается мало. Вслѣдствіе этого вся жидкость не можетъ быть впитана коллоиднымъ веществомъ, и содержимое клѣтки раздѣляется на жидкую часть, клѣточный сокъ и плотную (или правильнѣе полужидкую), собственно протоплазму. Клѣточный сокъ собирается тогда въ одной или многихъ полостяхъ, такъ называемыхъ вакуоляхъ, протоплазма же оттѣсняется къ внутренней поверхности клѣточной стѣнки или же (при относительно меньшемъ, содержаніи клѣточнаго сока) располагается на ней и въ отходящихъ отъ нея тяжахъ, какъ это показываетъ рис. 18 *A* и *B*.

Величина вакуолей зависитъ отъ отношенія между жидкостью и разбухающей массой. Собирается ли избыточная жидкость въ видѣ одной большой или многихъ вакуолей, зависитъ, рядомъ съ другими условіями, главнымъ образомъ отъ вязкости протоплазмы. Приведенные примѣры касаются клѣтокъ съ плотными стѣнками, способныхъ выдерживать большое давленіе. Въ клѣткахъ съ менѣе

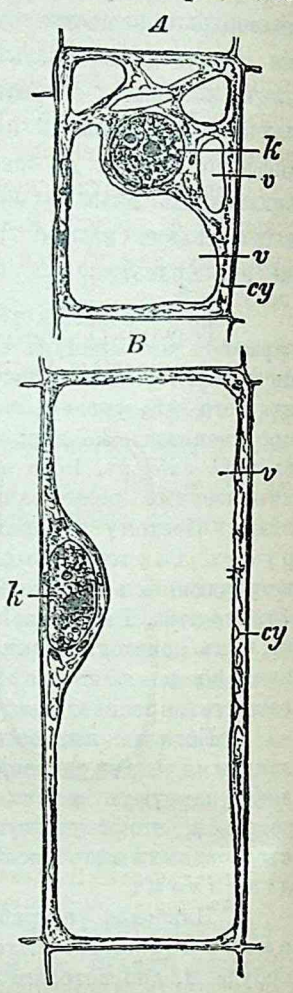


Рис. 18.
Двѣ болѣе старыя растительныя клѣтки. Въ обѣихъ съ ростомъ значительно увеличилось количество клѣточнаго сока, въ меньше й степени количество протоплазмы. Поэтому послѣдняя въ *B* оттѣснена въ видѣ тонкаго пристѣночнаго слоя, въ *A* она распредѣлилась въ видѣ такового же съ извѣстнымъ числомъ протоплазматическихъ отростковъ; клѣточный сокъ въ *A* заключенъ въ многихъ малыхъ, а въ *B* въ одной большой вакуолѣ *K* ядро, *v*—вакуоля, *cy*—протоплазма.

*) Мы пока оставляемъ въ сторонѣ составныя части клѣтки, находящіяся внутри ней, какъ клѣточное ядро и т. п.

**) Отношеніе протоплазмы къ различнымъ веществамъ, вѣроятно, обусловливается химическими свойствами. Поэтому оно у различныхъ клѣтокъ не одно и тоже. Изслѣдованія въ этой области представляютъ еще много пробѣловъ, такъ какъ только недавно она сдѣлалась доступной экспериментальному испытанію. Нѣкоторые, относящіеся сюда факты найдутъ себѣ мѣсто при послѣдующемъ изложеніи.

прочными оболочками или безоболочныхъ большія вакуоли не могутъ образоваться. У нихъ жидкость, выходящая за извѣстный предѣлъ, разорвала бы протоплазматическую оболочку и такимъ образомъ вышла бы изъ клѣтки.

Въ растительной клѣткѣ такого строенія, какъ представлено на рис. 18 *B*, существуетъ извѣстное осмотическое давленіе, зависящее отъ концентраціи ея клѣточнаго сока. При томъ положеніи, которое занимаетъ въ тѣлѣ растеній клѣтка, окруженная другими ей подобными и, омываемая жидкостями, отдѣляющими клѣтки другъ отъ друга, содержимое ея въ своемъ осмотическомъ давленіи должно быть поставлено въ равновѣсіе съ этой, окружающей ее средой. Если высвободить изъ этого положенія клѣтку, то можно опредѣлить существующее въ ней осмотическое давленіе погруженіемъ ея въ растворы различныхъ концентрацій.

Результатъ такого изслѣдованія представленъ на рис. 19. № 1 изображаетъ еще не вполнѣ выросшую растительную клѣтку. Будучи погружена въ 4-хъ процентный растворъ

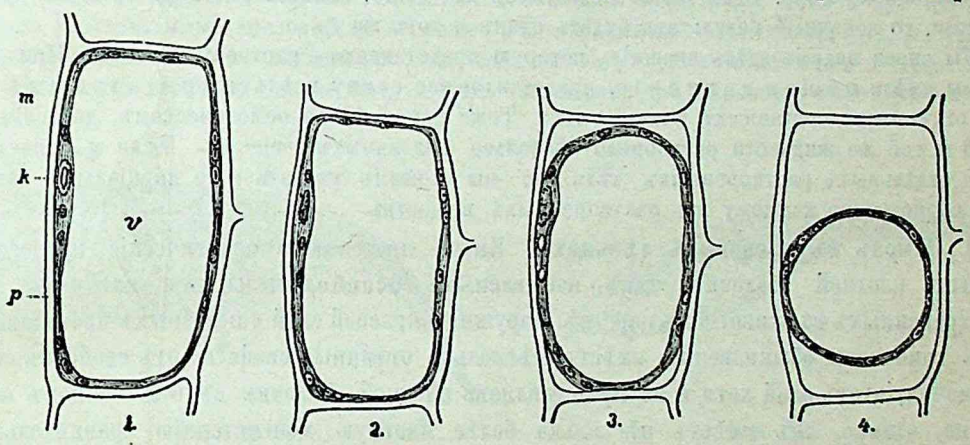


Рис. 19.

Плазмолизъ. Измѣненія растительной клѣтки подъ вліяніемъ растворовъ селитры различной концентраціи: *m* – оболочка, *k*—ядро, *p*—протоплазма. 1—первоначальное состояніе, 2—въ 4%, 3—въ 6%, 4—въ 10% растворѣ.

селитры, клѣтка приняла форму, изображаемую № 2-мъ; она отдала воду и вслѣдствіе эластичности ея оболочки, состоящей изъ клѣтчатки, нѣсколько уменьшилась. Въ 6-ти процентномъ растворѣ клѣточный сокъ, вслѣдствіе отдачи воды, еще больше уменьшился въ объемѣ; протоплазматическій слой отсталъ отъ оболочки. На 4 №, наконецъ, при дѣйствіи 10-ти процентнаго раствора, явленіе еще яснѣе. Это явленіе было точно изслѣдовано де-Врисомъ, предложившимъ для обозначенія его названіе плазмолиза.

Ясно, что уже 4% растворъ селитры долженъ имѣть высшее осмотическое давленіе, чѣмъ первоначальный клѣточный сокъ, такъ какъ клѣтка уже отдаетъ ему свою воду. Если опредѣлить концентрацію раствора, при которой появляются первые слѣды измѣненія вида клѣтки и если чуть болѣе слабый растворъ остается безъ вліянія въ этомъ отношеніи, то этотъ растворъ долженъ быть приблизительно изотоническимъ съ клѣточнымъ сокомъ. Подобными опытами было найдено, напримѣръ, что клѣтки эпидермиса средней жилки на нижней поверхности листа *Tradescantia discolor* обнаруживаютъ первые слѣды плазмолиза въ растворѣ калійной селитры, содержащемъ въ 1 литрѣ 0,13 граммомолекулъ. Если же употребить растворы тростниковаго сахара, то для этого потребуется растворъ съ содержаніемъ 0,22 граммомолекулъ на литръ. Такъ какъ разведенные растворы селитры распадаются на іоны (см. эту главу § 4, и главу 8, § 16), то, если-бы диссоціація была полная, отношеніе должно было бы быть, какъ 0,13 : 0,26 (подробности въ приложеніи).

Потеря воды клѣтками можетъ также происходить отъ испаренія; растительныя ткани при этомъ сморщиваются, дѣлаются вялыми или теряютъ свой тургоръ. Какъ видно изъ рис. 19, клѣточная оболочка при естественномъ осмотическомъ давленіи растянута за предѣлы своего естественнаго объема. Она натянута поэтому такъ, какъ бываетъ натянутъ эластическій мѣшокъ

если въ него вдувать воздухъ или вливать жидкость. Если часть воды испаряется, то клѣточная оболочка, подчиняясь своей эластичности, можетъ уменьшиться. Такъ какъ это одинаково происходитъ со всѣми клѣтками цѣлаго растенія или отрѣзанными частями его, то все образованіе дѣлается вслѣдствіе потери воды слабымъ или вялымъ; если клѣткамъ представляется возможность воспринять снова воду или, другими словами, установить осмотическое давленіе, соотвѣтствующее содержанію веществъ, растворенныхъ въ клѣточномъ сокѣ, то образованіе получаетъ снова свою напруженность, получаетъ снова свой тургоръ.

Такъ какъ клѣточный сокъ содержитъ въ растворенномъ видѣ много различныхъ веществъ, то мы можемъ сдѣлать заключеніе, что сумма всѣхъ молекулъ, растворенныхъ въ единицѣ объема клѣточнаго сока въ случаѣ, если первые признаки плазмолиза появляются въ 0,13% раствора селитры, равна числу молекулъ, находящихся въ равномъ объемѣ 0,13% раствора селитры. Потому что каждое изъ растворенныхъ въ клѣточномъ сокѣ веществъ производитъ опредѣленное осмотическое давленіе, пропорціональное числу молекулъ этого вещества, и общее осмотическое давленіе клѣточнаго сока должно быть равно суммѣ этихъ парціальныхъ давленій. Эту сумму мы можемъ измѣрить, если найдемъ такой растворъ селитры, который будетъ изотоиченъ клѣточному соку. Если мы воспользуемся для этого, вмѣсто раствора селитры, другими растворами, то конечный результатъ будетъ одинъ и тотъ же *).

Мы снова видимъ здѣсь аналогію, которую представляютъ растворы и газы. При смѣси газовъ мы имѣли общее давленіе, представлявшее сумму всѣхъ парціальныхъ давленій отдѣльныхъ составныхъ частей смѣси. Тоже самое и при осмотическомъ давленіи, если въ одной и той же жидкости растворено нѣсколько различныхъ веществъ. Если мы знаемъ количество отдѣльныхъ растворенныхъ тѣлъ, то мы можемъ указать и то парціальное давленіе, которое свойственно каждому изъ растворенныхъ веществъ.

9. Осмозъ въ кровяныхъ тѣльцахъ. Иначе протекаютъ осмотическіе процессы въ лишенныхъ плотной оболочки, такъ называемыхъ безоболочечныхъ клѣткахъ, очень распространенныхъ въ животномъ царствѣ. Наружный краевой слой у подобныхъ протоплазматическихъ комочковъ обыкновенно имѣетъ нѣсколько отличныя свойства отъ свойствъ остального комочка; этотъ слой хотя и не представляетъ плотной оболочки въ собственномъ смыслѣ слова, но, однако, онъ имѣетъ нѣсколько болѣе плотную консистенцію сравнительно съ протоплазмой. Въ отношеніи осмоза живая протоплазма, для большинства кристаллоидовъ, является въ качествѣ полупроницаемой перепонки. Такая клѣтка должна или воспринимать въ себя воду изъ окружающей среды, или отдавать ее въ послѣднюю, смотря потому меньше или больше осмотическое давленіе въ клѣткѣ сравнительно съ окружающею ее средою. Въ первомъ случаѣ, если окружающая жидкость гипотонична, клѣтка должна разбухнуть, если—гипертонична, клѣтка должна сморщиться. Равновѣсіе наступаетъ въ томъ случаѣ, если окружающая жидкость и жидкій сокъ клѣтки изотоничны.

Очень хорошо можно прослѣдить эти отношенія на красныхъ, кровяныхъ тѣльцахъ, плавающихъ въ кровяной плазмѣ (срав. гл. 11 § 5). Они представляютъ микроскопически малые плоскіе кружки, которые въ серединѣ тоньше, чѣмъ по краямъ. Въ плазмѣ растворены многія вещества. Ясно, что тѣльца и плазма должны быть изотоничны; иначе тѣльца не могли бы оставаться въ плазмѣ неизмѣненными. Если прибавить къ каплѣ крови, разсматриваемой въ микроскопъ, нѣсколько воды, то плазма дѣлается болѣе жидкой, слѣдовательно, гипотонической, ея осмотическое давленіе уменьшается; вслѣдствіе этого жидкость входитъ въ кровяныя тѣльца, ихъ объемъ увеличивается, послѣднее тотчасъ обнаруживается уплощеніемъ центральнаго вдавленія. Если, напротивъ, прибавить къ каплѣ нѣсколько поваренной соли или какого-нибудь другого, растворимаго въ плазмѣ вещества, то плазма становится гипертонической, вода выходитъ изъ тѣлецъ, они сморщиваются и дѣлаются зубчатыми. Если помѣщать кровяныя тѣльца, по возможности освобожденныя отъ плазмы въ солевые растворы различныхъ концентрацій, то можно опредѣлить ту концентрацію, при которой тѣльца ни разбухаютъ, ни сморщиваются. Эта концентрація, слѣдовательно, изотонична съ содержимымъ кровяныхъ тѣлецъ.

*) Диссоціированныя молекулы должны быть удвоены.

Среди многихъ веществъ, содержащихся въ кровяныхъ тѣльцахъ, особый интересъ возбуждаетъ въ насъ гемоглобинъ, красное красящее вещество, которому тѣльца и вмѣстѣ съ тѣмъ кровь обязаны своей окраской (срав. гл. 10, § 5 и гл. 11, § 4). Гемоглобинъ кристаллоидное тѣло, онъ легко растворимъ въ водѣ и можетъ быть выдѣленъ изъ нея въ прекрасныхъ кристаллахъ, соотвѣтственно этому онъ легко также диффундируетъ. Не смотря на это изъ тѣлецъ въ плазму онъ не диффундируетъ. Вѣроятно, онъ входитъ въ слабое химическое соединеніе съ какимъ нибудь не диффундирующимъ веществомъ кровяного тѣльца, отчего и подавляется его способность къ диффузіи. Но если кровяныя тѣльца приходятъ въ соприкосновеніе съ гипотоническою жидкостью, гемоглобинъ выходитъ изъ тѣлецъ. Нормальная кровяная плазма безцвѣтна, такъ какъ весь гемоглобинъ содержится только въ тѣльцахъ; но въ плазмѣ разведенной водой растворяется выходящій изъ тѣлецъ гемоглобинъ, и плазма сама дѣлается красной. Тоже самое можетъ произойти въ томъ случаѣ, если вслѣдствіе химическихъ воздѣйствій кровяныя тѣльца такъ измѣнятся, что ихъ протоплазма дѣлается неспособной удерживать гемоглобинъ; въ этомъ случаѣ не требуется измѣненія въ осмотическомъ напряженіи плазмы.

Процессы осмоза играютъ часто важную роль въ жизненныхъ явленіяхъ, такъ какъ содержаніе воды въ средахъ, соприкасающихся съ живымъ веществомъ, можетъ при случаѣ подвергаться значительнымъ колебаніямъ но вещества, заключенныя въ протоплазмѣ, могутъ также подвергаться химическимъ измѣненіямъ, со стороны окружающихъ веществъ. Вслѣдствіе этого чисто физическіе процессы осмоза могутъ быть затемнены; проникновеніе нѣкоторыхъ веществъ

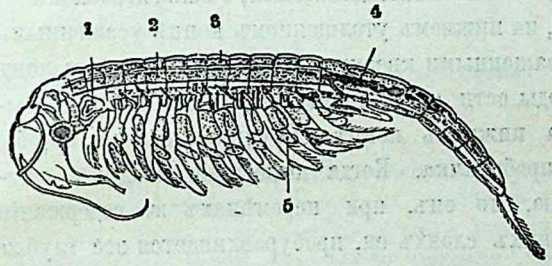


Рис. 20.

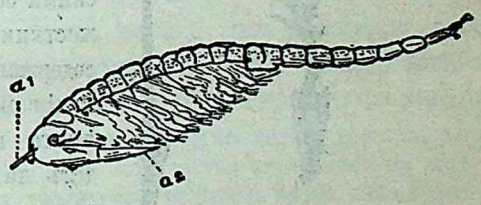


Рис. 21.

Branchipus stagnalis.

Бранхіопод, живущій въ ручьяхъ и болотахъ (рис. 20), при перенесеніи его въ воду, содержащую соль, принимаетъ признаки Artemia salina (рис. 21), а при еще большемъ содержаніи соли Artemia Milhausenii. 1) раковинная железа, 2) кишечникъ, 3) сердце, состоящее изъ многихъ камеръ, 4) яички, 5) жабры; a^1, a^2 усики или щупальцы.

въ протоплазму дѣлается возможнымъ, для другихъ же таже самая протоплазма является совершенно непроходимой. Изслѣдованіе этихъ явленій, весьма важныхъ, между прочимъ, и для процессовъ всасыванія (срав. гл. 11 и 6), начало только въ послѣднее время обращать на себя вниманіе физіологовъ. Эти явленія обѣщаютъ пролить свѣтъ на нѣкоторыя темныя стороны, если только методика сдѣлаетъ возможнымъ болѣе тщательное изслѣдованіе.

Въ заключеніе можно кратко упомянуть объ одномъ, относящемся сюда фактѣ. Въ ручьяхъ и болотахъ встрѣчается маленькое, принадлежащее къ бранхіоподамъ, ракообразное, называемое зоологами *Branchipus stagnalis*. Если перенести его въ соленую воду, то внѣшность его измѣняется, она дѣлается подобнымъ другому роду изъ бранхіоподовъ, *Artemia salina*. *Artemia salina* при большемъ содержаніи соли, дѣлается схожъ съ *Artemia Milhausenii*. Обратно, *Artemia salina*, перенесенная въ прѣсную воду, пріобрѣтаетъ сходство съ *Branchipus*. Мы видимъ на этомъ примѣрѣ къ какимъ послѣдствіямъ можетъ вести большее или меньшое осмотическое давленіе; измѣненія формъ дѣлаются настолько значительны, что на нихъ смотрѣли какъ на превращеніе одного вида въ другой. На сколько, дѣйствительно, различны эти животныя, даетъ понятіе взглядъ, брошенный на приведенныя здѣсь изображенія (рис. 20 и 21).

10. Осмозъ, какъ причина движеній. Быстрое появленіе вялости въ растительныхъ клѣткахъ, вслѣдствіе выхожденія воды, можетъ иногда приводить къ замѣтнымъ движеніямъ, о чемъ подробнѣе рѣчь будетъ въ гл. 18. Искривленія, вызываемыя неравномѣрнымъ разбуханіемъ или потерей воды, обыкновенно происходятъ медленнѣе, но иногда они бываютъ настолько сильны, что соотвѣтственныя части растеній могутъ служить, въ качествѣ гигрометровъ для измѣренія влажности воздуха. Въ другихъ случаяхъ измѣненіе объ-

ема, вслѣдствіе измѣненія въ содержаніи воды, приводитъ къ появленію трещинъ, раскалыванію и т. д., какъ это часто наблюдается на мебели, сдѣланной изъ не вполнѣ высохшихъ досокъ. Хотя эти чисто физическіе процессы и не представляютъ жизненныхъ явленій въ собственномъ смыслѣ, однако, они служатъ иногда отправленію жизненныхъ функцій и имѣютъ большую важность для сохраненія жизни особи или вида. Сюда принадлежитъ, напримѣръ, обусловливаемое одностороннимъ воспріятіемъ воды сгибаніе цвѣточныхъ лепестковъ, благодаря этому во влажномъ воздухѣ или во время дождя цвѣтокъ вполнѣ закрывается, и это предохраняетъ тычинки отъ поврежденій. Высыханіе и разсѣваніе содержимаго (пыльцы, споръ) пыльниковъ и плодовыхъ коробочекъ у мховъ; разрываніе сѣменныхъ коробочекъ въ опредѣленныхъ мѣстахъ съ разсѣваніемъ или выбрасываніемъ сѣмянъ иногда на довольно далекія разстоянія, какъ это бываетъ у мака (*Papaver somniferum*), все это принадлежитъ къ тому же разряду явленій. Одинъ изъ интереснѣйшихъ примѣровъ такого рода представляютъ плоды гераніевыхъ. У *Erodium gruinum*, напримѣръ, плодики снабжены длинными, очень гигроскопическими остями, на нижнемъ утолщенномъ концѣ усаженными жесткими, обращенными кверху щетинками. При большомъ содержаніи воды ости представляются прямыми, при высыханіи онѣ на нижнемъ концѣ скручиваются на подобіе винта или пробочника. Когда подобный плодикъ упадетъ на землю, то онъ, при перемѣнахъ въ содержаніи воды въ верхнихъ слояхъ ея, пробуравливается все глубже въ почву, пока не достигнетъ слоя, въ которомъ всегда находится достаточно воды для проростанія сѣмени; щетинки, расположенныя на нижнемъ концѣ ости, не позволяютъ ему, во время этого проникновенія въ почву, выйти кверху (рис. 22).

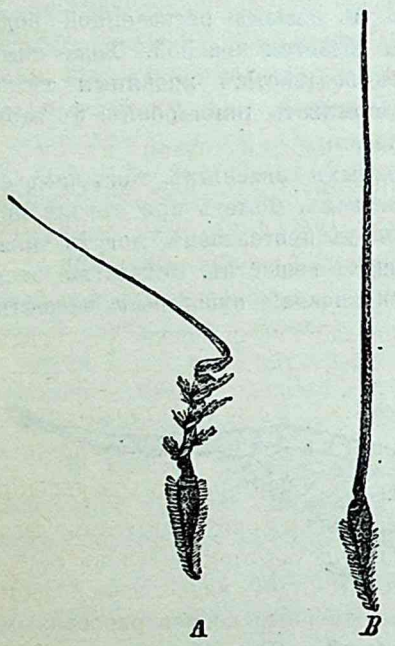


Рис. 22.

A. B. Плодики Erodium gruinum.

A въ сухомъ, *B* во влажномъ состояніи. При смѣнѣ высушиванія и отсыренія плодики пробуравливаются въ почву; жесткія, кверху обращенныя щетинки препятствуютъ обратному выходу наружу.

Измѣненія вида мельчайшихъ форменныхъ элементовъ живыхъ существъ подъ вліяніемъ процессовъ осмоза и набуханія, хотя и менѣе поражаютъ, однако, они не менѣе важны.

Если сдѣлать изъ очень концентрированной клеевой желатины круглую тонкую пластинку и бросить ее въ воду, то она разбухаетъ почти равномѣрно во всѣхъ направленіяхъ, поэтому сохраняетъ свою форму приблизительно неизмѣненной. Если приготовить подобные кружки изъ смѣси клея и трагантовой камеди, то, при разбуханіи въ водѣ, они дѣлаются гораздо толще, получаютъ почти шарообразную форму. Трагантова камедь разбухаетъ сильнѣе, чѣмъ клей; сама по себѣ она превратилась бы въ водѣ въ слизистую массу. Въ смѣси разбуханіе можетъ произойти лишь на столько, на сколько позволяетъ это эластичность клея; такъ какъ шаръ при данной поверхности обладаетъ наибольшею вмѣстимостью, то кружокъ приближается къ формѣ шара тѣмъ больше, чѣмъ больше увеличивается его объемъ отъ воспринятія воды. Если-бы по какой-либо причинѣ растяжимость въ одномъ направленіи была больше, чѣмъ въ другомъ, тѣло при разбуханіи приняло бы другія формы.

11. Строеніе клѣтокъ и искусственныя клѣтки. Если въ гипотоническомъ растворѣ находятся другъ подлѣ друга разбухаемыя образованія въ большомъ количествѣ, то всѣ онѣ при разбуханіи увеличиваются въ объемѣ. Клѣтки, далеко отстоящія другъ отъ друга и отдѣленныя большимъ количествомъ можклѣточнаго вещества, вообще принимаютъ шарообразную форму. Если же онѣ такъ плотно скучены, что при ростѣ приходятъ въ соприкосновеніе другъ съ другомъ, то онѣ взаимно уплощаются и дѣлаются, наконецъ, болѣе и менѣе правильными многогранниками; лежащія на поверхности становятся пластинками

съ прямыми линіями или волнообразно внѣдряющимися другъ въ друга краями. Если тѣло клѣтокъ выдѣляетъ плотную, покрывающую ихъ оболочку, то форма ихъ зависитъ также и отъ послѣдней; клѣтки тогда, если даже онѣ непосредственно касаются другъ друга, не всегда принимаютъ такой правильный видъ, какъ голыя клѣтки при тѣхъ же условіяхъ.

Круглыя клѣтки, лежащія другъ подлѣ друга, оставляютъ между собою межклѣточныя пространства опредѣленной формы. Если въ эти промежутки откладываются нерастворимыя вещества, въ родѣ отложеній извести и кремнезема у губокъ, то возникаютъ красивыя иглы, какъ показываетъ рис. 23. Тоже самое должно быть съ частями одной и той же клѣтки, отдѣленными другъ отъ друга клѣточнымъ сокомъ. Только въ самыхъ рѣдкихъ случаяхъ мы бываемъ въ состояніи точно установить механику возникновенія разнообразныхъ формъ, наблюдаемыхъ какъ у отдѣльныхъ клѣтокъ, такъ и у аггрегатовъ послѣднихъ. Но мы можемъ дать нѣкоторыя точки зрѣнія, приводящія къ болѣе близкому пониманію извѣстныхъ, часто повторяющихся явленій.

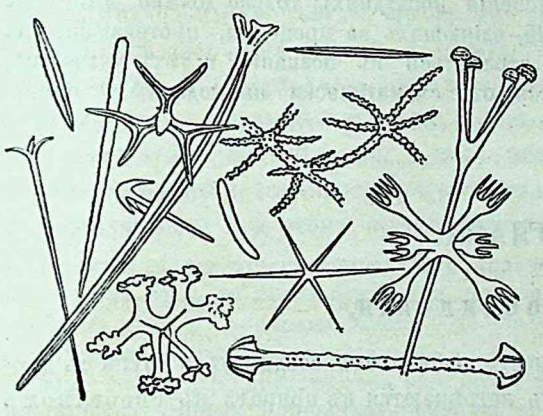


Рис. 23.
Кремневыя иглы губокъ, отложившіяся въ клѣточныхъ промежуткахъ.

Если растереть масло съ сахаромъ, поваренной солью или какимъ-нибудь другимъ, легко растворимымъ въ водѣ веществомъ, распредѣлить нѣкоторое количество этой смѣси въ водѣ и наблюдать каплю ея подъ микроскопомъ при сильномъ увеличеніи, то будетъ видно, какъ полости, отграниченныя другъ отъ друга тонкими слоями масла и наполненныя концентрированными растворами, растягиваются отъ проникающей въ нихъ воды *). При этомъ онѣ скоро приходятъ въ соприкосновеніе другъ съ другомъ, взаимно уплощаются и образуютъ шестистороннія, прямоугольныя или квадратныя поля, такъ что дѣлаются подобными пчелинымъ сотамъ.

Подобная пѣнистая или ячеистая структура часто наблюдается у живыхъ клѣтокъ; можно принять, что она происходитъ такимъ же образомъ. Если концентрированные растворы кристаллоидныхъ тѣлъ распредѣляются въ очень тягучемъ, способномъ разбухать веществѣ, то должны образоваться все увеличивающіяся отъ воспринятія воды вакуоли, коллоидное же вещество превращается въ правильную сѣть, ограничивающую вакуоли.

Если небольшую каплю концентрированнаго раствора хлористой мѣди внести въ разведенный растворъ желѣзисто-синеродистаго калія (желтой кровяной соли), то на периферіи капли образуется осадокъ нерастворимой желѣзисто-синеродистой мѣди. Эта, такъ называемая, осадочная оболочка полупроницаема. Она замыкаетъ полость, наполненную растворомъ хлористой мѣди, въ которой осмотическое давленіе больше, чѣмъ во внѣшнемъ пространствѣ, содержащемъ болѣе разведенный растворъ. Вода, слѣдовательно, проникаетъ внутрь. Такъ какъ осадочная оболочка только немного растяжима, то она въ нѣкоторыхъ мѣстахъ разрывается. Въ нихъ растворы хлористой мѣди и желѣзисто-синеродистаго калія снова приходятъ въ непосредственное соприкосновеніе, образуются новые осадки, снова замыкающіе отверстія. Эндосмозъ воды поэтому продолжается до тѣхъ поръ, пока содержимое все увеличивающейся «искусственной клѣтки» не сдѣлается изотоничнымъ съ внѣшней жидкостью. Подобныя же явленія наблюдаются на капляхъ клеевого раствора, потерявшаго способность желатинировать, при помѣщеніи ихъ въ растворъ таннина **). Образующіяся при этомъ оболочки дубильно-кислаго клея нѣсколько

*) Такъ какъ въ пространствахъ, ограниченныхъ масломъ, ихъ осмотическое давленіе выше, то въ нихъ должна войти вода. Тонкіе масляные слои относятся, какъ полупроницаемыя перепонки. Проходитъ ли при этомъ вода черезъ масляную стѣнку, состоящую изъ химически чистаго жира, или это имѣетъ мѣсто только тогда, когда масло содержитъ слѣды примѣшанныхъ мылъ, я оставляю нерѣшеннымъ.

**) Если прибавить къ водѣ, въ которую помѣщенъ для разбуханія клей, кислоту или щелочей, то онъ, при нагрѣваніи, растворяется легче и, при охлажденіи, не желатинируетъ. Таннинъ (дубильная кислота) производитъ въ такихъ растворахъ осадки дубильно-кислой желатины, совершенно нерастворимой.

упруги. Поэтому увеличеніе объема клеевыхъ шариковъ, «ростъ искусственныхъ клѣтокъ», идетъ много равномѣрнѣе, чѣмъ при употребленіи хлористой мѣди и желѣзисто-синеродистаго калія. Желатино-таннивовыя «клѣтки» удерживаютъ приблизительно шарообразную форму, между тѣмъ какъ тѣ имѣютъ совершенно неправильную форму.

Эти опыты съ искусственной пѣной и искусственными клѣтками не могутъ имѣть другого значенія, какъ только служить «схематическимъ подражаніемъ» извѣстнымъ условіямъ наблюдаемымъ при жизненныхъ явленіяхъ и протекающимъ въ форменныхъ элементахъ. Они могутъ служить для разъясненія послѣднихъ; только должно имѣть въ виду, что они осуществляютъ лишь часть условій, вліяющихъ на процессы, протекающіе въ живыхъ форменныхъ элементахъ и поэтому должно стремиться къ познанію и тѣхъ уклоненій, которыми собственно жизненныя явленія отличаются отъ схематически наблюдаемыхъ подражаній имъ.

ВОСЬМАЯ ГЛАВА.

Химическія соединенія.

1. Простыя и сложныя тѣла. При склонности элементовъ соединяться другъ съ другомъ, естественно, что лишь нѣкоторые изъ нихъ встрѣчаются въ природѣ въ свободномъ состояніи. Только кислородъ и азотъ являются очень распространенными въ видѣ элементовъ; въ меньшемъ количествѣ встрѣчаются, такъ называемые, самородные металлы: мѣдь, золото и др. Напротивъ, наиболѣе распространенныя тѣла, въ родѣ воды, поваренной соли, извести и т. д., представляютъ соединенія. Большое число встрѣчаемыхъ въ природѣ соединеній содержитъ кислородъ, всѣ такъ называемыя органическія соединенія, представляющія составныя части животнаго и растительнаго тѣла постоянно заключаютъ въ своемъ составѣ углеродъ *). Нѣкоторыя химическія соединенія состоятъ только изъ двухъ элементовъ, другія изъ трехъ, четырехъ или еще большаго числа ихъ, соединенныхъ другъ съ другомъ въ различныхъ отношеніяхъ. Чтобы ознакомиться съ законами, по которымъ возникаютъ эти соединенія, выгоднѣе разсмотрѣть сначала простыя соединенія между двумя какими-нибудь элементами и начать это разсмотрѣніе съ газообразныхъ или легко принимающихъ газообразную форму соединеній, такъ какъ на нихъ можно нагляднѣе представить себѣ основные законы, чѣмъ на тѣлахъ твердыхъ или жидкихъ.

2. Соединенія между газами. Хотя всѣ газы одинаково относятся къ колебаніямъ давленія и температуры, однако, каждый изъ нихъ, будетъ ли онъ простой или сложный, обладаетъ опредѣленными свойствами, отличающими его отъ другихъ. Многіе газы безцвѣтны и прозрачны, а потому совершенно одинаковы на видъ. Однако, другія свойства (горючесть, способность поглощенія и т. д.) и, прежде всего, плотность, т. е. вѣсъ равныхъ объемовъ, дѣлаютъ возможнымъ точное различеніе ихъ.

Когда мы разлагаемъ воду съ помощью электрическаго тока, то на анодѣ, т. е. на мѣстѣ вхожденія тока въ воду, появляется кислородъ, на катодѣ, т. е. на мѣстѣ выхожденія тока изъ воды,—водородъ. Установить этотъ фактъ очень легко съ помощью аппарата, представленнаго на рис. 1, стр. 48. Если трубки, находящіяся надъ платиновыми пластинками и служащія для собиранія газовъ, имѣютъ дѣленія, то наблюдается, что на каждый кубическій сантиметръ образовавшагося кислорода въ то же самое время выдѣляется совершенно точно два кубическихъ сантиметра водорода.

---

*) Исторически установившееся дѣленіе химіи на неорганическую и органическую удерживается въ практическихъ цѣляхъ, хотя очень многія углеродистыя соединенія никогда не встрѣчаются въ организмахъ, другія же, о которыхъ раньше думали, что они могутъ образоваться только благодаря своеобразнымъ жизненнымъ процессамъ, добыты также искусственно въ лабораторіяхъ. (Срав. также § 6, гл. 9 и 10).

3. Разложеніе и образованіе воды. Въ нѣкоторыхъ случахъ удобнѣе собирать газы вмѣстѣ такъ, какъ они образуются, не раздѣляя ихъ. Съ этою цѣлью пользуются аппаратомъ, представленнымъ на рис. 24 и называемымъ вольтаметромъ *). Если погрузить конецъ согнутой трубочки, черезъ которую выдѣляются газы, подъ воду и помѣстить надъ ея отверстіемъ закрытую сверху трубку, наполненную водою, то можно такимъ образомъ собрать смѣсь газовъ. Если, послѣ того какъ будетъ собрано 15 см.^{3} ихъ, закрыть трубку пальцемъ, вынуть ее изъ воды и приблизить ея отверстіе къ пламени свѣчки, то газы сразу соединяются, слышится взрывъ и замѣчается, что въ трубку проскакиваетъ слабо свѣтящееся пламя. Подобную смѣсь газовъ называютъ гремучимъ газомъ. Соединеніе водорода и кислорода, съ образованіемъ воды, происходитъ, какъ только произведено зажиганіе, сразу, такъ какъ газы уже смѣшаны. А такъ какъ образовавшаяся вода по сравненію съ объемомъ, занимаемомъ газами, занимаетъ ничтожно малое пространство, то внѣшній воздухъ врывается въ образующееся при этомъ пустое пространство съ шумомъ, подобнымъ взрыву.

Если дѣло идетъ объ опредѣленіи количества водорода или кислорода, исчезающаго при образованіи воды, то производятъ, при помощи электрической искры, взрывъ внутри пространства, запертаго ртутью. Аппараты такого рода называются эвдіометрами; форма, подходящая для цѣлей демонстраціи, представлена на рис. 25a, верхняя часть колѣна r_1, r_2 съ находящимся на немъ краномъ h_1 представлена еще особо въ увеличенномъ размѣрѣ на рис. 25b. Какъ видно, при положеніи крана h_1 изображенномъ на рис. 25b, r_2 заперто; если кранъ этотъ повернуть на

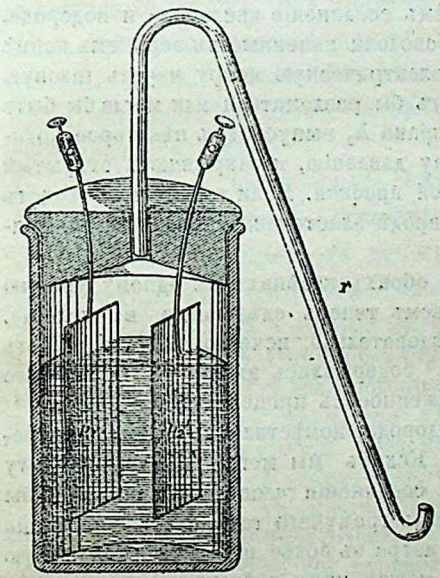


Рис. 24.
Вольтаметръ.

Электрическій токъ, пропускаемый черезъ воду при помощи платиновыхъ пластинокъ p^1 и p_2 разлагаетъ ее на ея составныя части, водородъ и кислородъ. Оба газа, будучи смѣшаны, выдѣляются черезъ трубку r и могутъ быть собраны у ея отверстія.

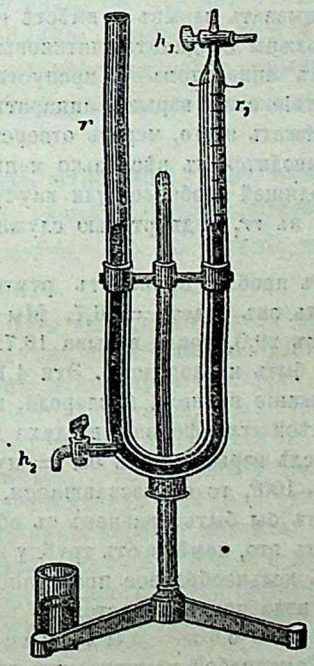


Рис. 25 a.

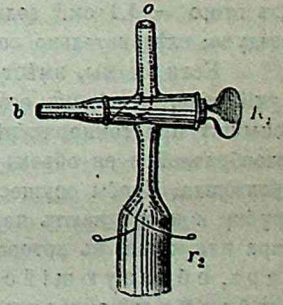


Рис. 25 b.

Эвдіометръ. Верхній кранъ въ увеличенномъ размѣрѣ. Поворотомъ крана h_1 на 180° можно установить соединеніе между b и r_1 или между b и o. Если повернуть кранъ на 90°, то оба сообщенія прерываются.

180°, то r_2, посредствомъ изогнутаго (представленнаго пунктиромъ) хода въ кранѣ, сообщается при b съ наружнымъ воздухомъ. При этомъ положеніи крана h_1, можно со стороны r наполнить U—образную трубку ртутью, при чемъ воздухъ выходитъ при b. Какъ только ртуть появляется въ ходѣ крана у b, приводятъ кранъ въ указанное положеніе. Теперь колѣно $r_1 r_2$ U-образной трубки содержитъ только ртуть.

*) Вольтаметръ можетъ служить для измѣренія приведеннаго въ движеніе электричества, такъ какъ оно пропорціонально количеству образующихся газовъ.

Предположимъ, что мы хотимъ съ помощью этого эвдіометра, опредѣлить содержаніе кислорода въ комнатномъ воздухѣ, тогда мы снова повертываемъ кранъ h_1 на 180° и осторожно открываемъ кранъ h_2. Ртуть вытекаетъ черезъ послѣдній, а комнатный воздухъ черезъ b входитъ въ эвдіометръ. Когда воздуха вошло около 20 см.^{3}, мы закрываемъ кранъ h_2 и повертываемъ h_1 на 180°. Вливаніемъ ртути со стороны r или выпусканіемъ ея черезъ h_2 приводятъ ртуть въ обоихъ колѣнахъ U-образной трубки къ одному уровню; тогда воздухъ, заключенный въ r_1r_2, находится подъ тѣмъ же давленіемъ, которое въ данное время существуетъ и въ атмосферѣ. Объемъ воздуха отсчитывается по дѣленіямъ трубки. Примемъ, что онъ точно = 20 см.^{3}.

Мы знаемъ, что содержаніе кислорода въ атмосферномъ воздухѣ лежитъ обыкновенно въ предѣлахъ между 20 и 21%. Если нѣтъ никакихъ особыхъ основаній, говорящихъ за то, что въ нашемъ теперешнемъ случаѣ содержаніе совершенно другое, то мы можемъ принять, что въ 20 см.^{3} комнатнаго воздуха содержится нѣсколько больше 4 см.^{3} кислорода, могущихъ соединиться съ нѣсколько большимъ количествомъ, чѣмъ 8 см.^{3} водорода, образуя воду.

Мы соединяемъ теперь конецъ крана b посредствомъ каучуковой трубки съ сосудомъ содержащимъ чистый водородъ или съ аппаратомъ, въ которомъ развивается этотъ газъ, и даемъ ему выдѣляться черезъ b и o. Когда мы получаемъ увѣренность, что весь атмосферный воздухъ вытѣсненъ изъ хода крана, мы снова поворачиваемъ кранъ h_1 и осторожно открываемъ кранъ h_2. Водородъ входитъ въ эвдіометръ и смѣшивается съ находящимся уже тамъ воздухомъ.

Когда объемъ газовой смѣси достигъ приблизительно 30 см.^{3}, мы поворачиваемъ на 180° кранъ h_1 и запираемъ h_2. Мы приводимъ снова ртуть въ обоихъ колѣнахъ эвдіометра къ одинаковому уровню и отсчитываемъ объемъ. Мы примемъ, что онъ теперь = 29. Такимъ образомъ, мы имѣемъ въ эвдіометрѣ смѣсь, состоящую изъ 20 см.^{3} комнатнаго воздуха и 9 см.^{3} водорода.

Чтобы въ этой смѣси вызвать взрывъ и вмѣстѣ съ тѣмъ соединеніе кислорода и водорода, съ образованіемъ воды, мы должны соединить платиновые проволоки впаенные въ верхнемъ концѣ колѣна r_1r_2 съ индукціоннымъ аппаратомъ и пропустить электрическую искру черезъ газовую смѣсь. Но при этомъ, вслѣдствіе силы взрыва, аппаратъ могъ бы разломаться или могла бы быть выброшена ртуть. Чтобы избѣжать этого, черезъ отверстіе крана h_2 выпускаютъ нѣкоторое количество ртути чѣмъ смѣсь приводится къ нѣсколько меньшему давленію, и закрываютъ открытый конецъ колѣна rr_1 плотно входящей пробковой или каучуковой пробкой. Если теперь происходитъ взрывъ, то воздухъ запертый въ rr_1 надъ ртутью служитъ вродѣ эластической подушки, умѣряющей ударъ.

Послѣ взрыва удаляютъ пробку, приводятъ ртуть въ обоихъ колѣнахъ къ одному уровню и отсчитываютъ объемъ. Пусть онъ будетъ = 16,7. Мы дѣлаемъ теперь слѣдующее вычисленіе. Передъ взрывомъ объемъ былъ 29,0, послѣ взрыва 16,7. Слѣдовательно, исчезло 12,3 см^3. Треть изъ этого = 4,1 см.^{3} должна быть кислородомъ. Эти 4,1 см.^{3} содержались въ 10 см.^{3} комнатнаго воздуха; слѣдовательно, содержаніе въ немъ кислорода, выраженное въ процентахъ, = 20,5.

Если бы мы, вмѣсто смѣси атмосфернаго воздуха и водорода, помѣстили въ эвдіометръ гремучій газъ, то объемъ его послѣ взрыва былъ бы = нулю. Еслибъ мы могли произвести эту вспышку при температурѣ въ 100°, то образовавшаяся, при соединеніи газовъ, вода осталась бы газообразной и ея объемъ могъ бы быть сравненъ съ объемомъ гремучаго газа, изъ котораго она произошла. Чтобы осуществить это, помѣщаютъ трубку эвдіометра въ болѣе широкую стеклянную трубку и пропускаютъ черезъ кольцеобразное пространство между ними обѣими струю водянаго пара изъ котла, въ которомъ вода поддерживается въ кипѣніи. Тогда находятъ, что водяной паръ, образующійся изъ 3 объемныхъ частей гремучаго газа занимаетъ 2 объемныхъ части. Само собой понятно, что измѣреніе объема гремучаго газа производится только послѣ того, какъ его температура приведена текучимъ паромъ къ 100°. Тогда, такъ какъ измѣреніе объема газовъ произведено при одинаковой температурѣ и одинаковомъ давленіи, объемы непосредственно могутъ быть сравниваемы другъ съ другомъ.

Какъ изъ этихъ, такъ и изъ раньше приведенныхъ опытовъ надъ разложеніемъ воды на кислородъ и водородъ, могутъ быть выведены слѣдующія заключенія:

1. Вода можетъ быть разложена на два газа, водородъ и кислородъ. Объемы этихъ газовъ относятся какъ 2 : 1;

2. Если два объема водорода и одинъ объемъ кислорода соединяются при температурѣ настолько высокой, что вся вода остается въ видѣ газа, то водяной паръ, образовавшійся изъ трехъ объемовъ занимаетъ только два объема.

4. Законъ постоянныхъ объемныхъ отношеній. Чтобы рѣшить, идетъ ли здѣсь дѣло объ общепримѣнимомъ законѣ, мы подвергнемъ подобному изслѣдованію еще два соединенія водорода съ другими газами. Такъ какъ возникающія при этомъ соединенія газообразны и при комнатной температурѣ, то нагрѣванія до 100° не требуется. Если смѣшать въ стеклянномъ сосудѣ равные объемы водорода и хлора и подвергнуть эту смѣсь дѣйствію яркаго солнечнаго свѣта, то происходитъ соединеніе съ сильнымъ взрывомъ. При дѣйствіи дневного разсѣяннаго свѣта соединеніе совершается нѣсколько медленнѣе. Если вышеописаннымъ образомъ собрать газы въ эвдіометръ въ не слишкомъ свѣтломъ мѣстѣ, то посредствомъ электрической искры можно вызвать взрывъ такъ же, какъ въ смѣси водорода и кислорода. При этомъ находятъ, что 1 объемъ водорода соединяется съ 1 объемомъ хлора, образуя 2 объема хлороводорода. Наконецъ, найдено, что 2 объема амміака могутъ быть разложены на 3 объема водорода и 1 объемъ азота.

Такимъ образомъ найдено слѣдующее:

1	объемъ	водорода	и	1	объемъ	хлора	даютъ . .	2 объема хлороводорода.
2	»	»	»	1	»	кислорода	» . .	2 » водяного газа.
3	»	»	»	1	»	азота	» . .	2 » амміака.

При первомъ соединеніи не происходитъ никакого уменьшенія объема или уплотненія смѣшанныхъ газовъ, при второмъ уплотненіе на $^2/_3$, при третьемъ на $^1/_2$ объема. Во всѣхъ этихъ трехъ случаяхъ соединеніе газовъ происходитъ въ простыхъ объемныхъ отношеніяхъ. Эта законность обнаруживается для всѣхъ соединеній, когда ихъ составныя части или газы или тѣла, которыя при подходящемъ повышеніи температуры могутъ быть превращены въ газы.

5. Законъ постоянныхъ вѣсовыхъ отношеній. Такъ какъ каждому газу свойственна опредѣленная плотность, слѣдовательно, каждый литръ каждаго газа имѣетъ опредѣленный вѣсъ, то отсюда вытекаетъ непосредственно, что соединеніе происходитъ также всегда въ опредѣленномъ вѣсовомъ отношеніи.

Плотность или удѣльный вѣсъ твердаго или жидкаго тѣла опредѣляется путемъ сравненія съ водой (гл. 4, § 14). 1 см.³ воды вѣситъ 1 грм, 1 см.³ желѣза — 7,75 грм., слѣдовательно, удѣльный вѣсъ желѣза = 7,75. 1 см.³ обыкновеннаго атмосфернаго воздуха вѣситъ при 0° и 760 mmhg *), 00 012 928 грм. Для выраженія удѣльнаго вѣса газовъ эти числа вслѣдствіе крайне малой плотности газовъ неудобны. Такъ какъ они только относительныя числа, то можно взять за единицу сравненія какой-нибудь газъ, напримѣръ, атмосферный воздухъ, при чемъ указывается, какъ относится вѣсъ опредѣленнаго объема какого-нибудь газа (при одинаковой температурѣ и одинаковомъ давленіи) къ вѣсу равнаго объема асмосфернаго воздуха. Согласно этому плотность водорода была бы = 0,06 926, плотность кислорода = 1,10 563 и т. д. Такъ какъ водородъ изъ всѣхъ газовъ самый легкій, то предпочтительно, плотность всѣхъ газовъ относить къ водороду. Мы увидимъ, что для возрѣнія газообразныхъ элементовъ и ихъ соединеній это очень удобно и выгодно **)

6. Плотность газовъ и молекулярный вѣсъ. Поэтому для послѣдующихъ объясненій, вмѣсто обычно употребляемой вѣсовой единицы (1 грм.), мы воспользуемся другой единицей, именно вѣсомъ одного литра водорода при температурѣ въ 0° и при давленіи въ 760 мм. hg. Эту вѣсовую единицу мы назовемъ 1 критъ ***). Такъ какъ 1 литръ

---

*) Это болѣе точное опредѣленіе необходимо вслѣдствіе закона Бойля и Гэй-Люссака (ср. гл. 6, § 6).

**) Опредѣляютъ плотность газа или удѣльный вѣсъ его или пара путемъ взвѣшиванія опредѣленнаго объема и сравненія его вѣса съ вѣсомъ равнаго объема водорода (при одинаковой температурѣ и одинаковомъ давленіи) или путемъ опредѣленія объема, который опредѣленное вѣсовое количество занимаетъ при извѣстномъ давленіи и температурѣ, или, наконецъ, путемъ опредѣленія скорости истеченія изъ узкаго отверстія (ср. гл. 6, § 10). Послѣдній способъ легче примѣнить, но онъ даетъ не столь точныя цифры, какъ первые.

***) Предложеніе это исходитъ отъ извѣстнаго химика А. В. Гофманна. Κριθή обозначаетъ ячменное зерно, а въ отвлеченномъ значеніи малый вѣсъ, подобно тому, какъ гранъ (отъ granum, зерно) раньше употреблялся для обозначенія малаго вѣса и въ нѣкоторыхъ вѣсовыхъ системахъ, напримѣръ, англійской употребляется еще до сихъ поръ (англ. grain).

водорода при 0° и 760 мм. hg вѣситъ 0,08954 грм., то мы можемъ вѣсовыя показанія перечислять съ одной исходной единицы на другую, или дѣля или умножая на 0,08954 или сокращенно на 0,09.

При примѣненіи этой мѣры вѣситъ:

1 литръ водорода . . .	1	критъ.	Его плотность	=	1
1 » хлора	35,2	»	» »	=	35,2
1 » кислорода. . .	16,0	»	» »	=	16,0
1 » азота	14,0	»	» »	=	14,0

Если мы смѣшаемъ 1 литръ водорода и 1 литръ хлора, то мы имѣемъ 2 литра газа и массу $1 + 35{,}2 = 36{,}2$ критъ. Если они соединяются, образуя хлороводородъ, то возникаютъ 2 литра послѣдняго съ массой 36,2; слѣдовательно, 1 литръ хлороводорода вѣситъ $\frac{36{,}2}{2} = 18{,}1$ критъ. Его плотность $= 18{,}1$.

2 литра водорода и 1 литръ кислорода вѣсятъ вмѣстѣ $2+16=18$ критъ. Такъ какъ они даютъ 2 литра водяного пара, то 1 литръ его вѣситъ $\frac{18}{2} = 9$ критъ. Его плотность $= 9$ *).

3 литра водорода и 1 литръ азота вѣсятъ вмѣстѣ 17 критъ. Такъ какъ они даютъ 2 л. амміака, то 1 литръ амміака вѣситъ $\frac{17}{2} = 8{,}5$ критъ. Его плотность $= 8{,}5$.

По гипотезѣ Авогадро, равные объемы различныхъ газовъ (при одинаковой температурѣ и одинаковомъ давленіи) содержатъ одинаковое число молекулъ. Отсюда слѣдуетъ, что вѣса газовыхъ молекулъ должны относиться, какъ вѣса равныхъ объемовъ соотвѣтственныхъ газовъ. Если 1 литръ водорода вѣситъ 1 критъ и если въ 1 литрѣ содержится n молекулъ, то одна молекула водорода вѣситъ $\frac{1}{n}$ критъ. Равнымъ образомъ мы находимъ, что одна молекула хлора вѣситъ $\frac{35{,}2}{n}$ критъ; одна молекула кислорода $\frac{16}{n}$ критъ, одна молекула азота $\frac{14}{n}$ критъ. Число n неизвѣстно, но, не смотря на это, обозначенія $\frac{1}{n}$, $\frac{35{,}2}{n}$, $\frac{16}{n}$ и $\frac{14}{n}$ совершенно опредѣленныя числа. Представимъ себѣ кучу совершенно равныхъ дробинокъ, вѣсящую 10 грм. Если бы мы знали число дробинокъ, то мы могли бы дать вѣсъ каждой дробинки. Если мы назовемъ неизвѣстное число дробинокъ m то хотя $\frac{10}{m}$ грм. будетъ представлять неизвѣстный, но, однако, совершенно опредѣленный вѣсъ **), не могущій быть только выраженнымъ въ извѣстныхъ цифрахъ.

7. Плотность газовъ и атомные вѣса. Если поэтому 1 литръ водорода и 1 литръ хлора даютъ 2 литра хлороводорода, то это значитъ, что изъ n молекулъ водорода и n молекулъ хлора образуются $2n$ молекулъ хлороводорода. Молекула хлороводорода сложна, такъ какъ она состоитъ изъ элементовъ хлора и водорода; она должна, слѣдовательно, по меньшей мѣрѣ содержать одинъ атомъ водорода и одинъ атомъ хлора. Если мы это примемъ, то вытекаетъ, что для образованія $2n$ молекулъ хлороводорода необходимо $2n$ атомовъ хлора и $2n$ атомовъ водорода.

$2n$ атомовъ хлора было, слѣдовательно, въ 1 литрѣ хлора и $2n$ атомовъ водорода въ 1 литрѣ водорода. Но такъ какъ 1 литръ газа содержитъ n молекулъ, то отсюда вытекаетъ, что одна молекула водорода состоитъ изъ двухъ атомовъ водорода и

*) Такъ какъ водяной паръ можетъ быть измѣряемъ только при температурахъ въ 100° и выше, то мы должны представлять себѣ объемъ редуцированнымъ къ 0°.

**) Число n (количество молекулъ, находящихся въ 1 литрѣ газа при 0° и 760 hg.) можетъ быть вычислено приблизительно; оно оцѣнивается въ 61×10^{24}, т. е. въ 61 квадрилліонъ.

одна молекула хлора изъ двухъ атомовъ хлора. Если это такъ, то мы можемъ изъ плотности газа вычислить вѣсъ его атома. Ясно, что 1 атомъ водорода долженъ вѣсить $\frac{1}{2n}$ критъ и 1 атомъ хлора $\frac{35,2}{2n}$ критъ.

При помощи такого разсужденія мы находимъ, что молекула воды должна состоять изъ 3 атомовъ, именно изъ 2 атомовъ водорода и 1 атома кислорода; равнымъ образомъ молекула амміака дожна состоять изъ 4 атомовъ, именно изъ 1 атома азота и 3 атомовъ водорода. Мы можемъ это представить кратко и наглядно, если мы введемъ обозначеніе для каждаго атома. Въ качествѣ таковыхъ обозначеній атомовъ химиками употребляются начальныя буквы латинскаго названія элемента. Если названія двухъ элементовъ имѣютъ однѣ и тѣ же начальныя буквы, то приводится съ цѣлью отличія еще другая буква. Для разсмотрѣнныхъ нами до сихъ поръ элементовъ употребляются слѣдующія обозначенія:

H (hydrogenium) для водорода
O (oxygenium) » кислорода
N (nitrogenium) » азота
Cl (chlorum) » хлора.

Согласно этому обозначаетъ:

H	одинъ	атомъ	водорода,	вѣсъ	$\frac{1}{2n}$	критъ
O	»	»	кислорода	»	$\frac{16}{2n}$	»
N	»	»	азота	»	$\frac{14}{2n}$	»
Cl	»	»	хлора	»	$\frac{35,2}{2n}$	»

Равнымъ образомъ обозначаетъ:

HH или H_2	одна	молекула	водорода,	вѣсъ	$\frac{1}{n}$	критъ
OO » O_2	»	»	кислорода	»	$\frac{16}{n}$	»
NN » N_2	»	»	азота	»	$\frac{14}{n}$	»
ClCl » Cl_2	»	»	хлора	»	$\frac{35,2}{n}$	»
и HCl		»	»	хлороводор.	» $\frac{36,2}{2n} = \frac{18,1}{n}$	критъ
H_2O		»	»	воды	» $\frac{18}{2n} = \frac{9}{n}$	»
NH_3		»	»	амміака	» $\frac{17}{2n} = \frac{8,5}{n}$	»

Знаки H, O, N, Cl имѣютъ, слѣдовательно, не только качественное значеніе, опредѣляющее химическую природу соотвѣтственнаго элемента, но и количественное. Они указываютъ наименьшій вѣсъ соотвѣтсвеннаго тѣла, могущій вступать въ химическое соединеніе съ опредѣленнымъ вѣсомъ какого-нибудь тѣла. Этотъ вѣсъ, правда, не вполнѣ извѣстенъ, такъ какъ мы не знаемъ точно числа n. Но такъ какъ это число для равныхъ объемовъ всѣхъ газовъ одно и то же, то числа во всякомъ случаѣ указываютъ правильно на отношенія атомныхъ вѣсовъ.

Если мы возьмемъ за единицу измѣренія атомнаго вѣса вѣсъ одного атома водорода, то мы приходимъ къ слѣдующимъ простымъ обозначеніямъ для элементовъ, упомянутыхъ въ предшествующихъ опытахъ и ихъ соединеній:

	Атомный вѣсъ.	Молекулярный вѣсъ.
H	1	2
O	16	32
Cl	35,2	70,4
N	14	28
H_2O.	(1 + 1 + 16)	18
HCl.	(1 + 35,2)	36,2
NH_3	(14 + 1 + 1 + 1)	17

Тоже самое можно сдѣлать и для другихъ элементовъ и ихъ соединеній; къ этому мы еще вернемся.

Если мы отвѣсимъ какого-нибудь тѣла число граммъ, отвѣчающее его молекулярному вѣсу, для воды, напримѣръ, 18 грм., для амміака 17 грм., то въ обѣихъ массахъ должно заключаться одинаковое число молекулъ. Слѣдовательно, эти массы, такъ сказать, химически равнозначущи. Мы не знаемъ истиннаго вѣса молекулъ, такъ какъ число n извѣстно намъ лишь не вполнѣ. Но, если мы представимъ себѣ молекулу H_2, истинный вѣсъ которой $= \frac{1}{n}$ критъ, увеличенной до вѣса въ 1 грм., то мы должны и всѣ другіе молекулярные вѣса умножить на тотъ же самый факторъ, чтобы вѣсовыя отношенія между ними остались неизмѣненными. Только на эти отношенія и обращаютъ вниманіе при разсмотрѣніи соединеній. Въ такомъ случаѣ для воды мы получимъ 18 грм., для амміака 17 грм. и т. д. Эти вѣса называются граммомолекулами соотвѣтственнаго тѣла (Глава 7, § 3 примѣч.).

8. Обобщеніе закона постоянства вѣсовыхъ отношеній. Положеніе, выведенное предварительно для только что разсмотрѣнныхъ газовъ, а именно, что ихъ соединеніе происходитъ въ совершенно опредѣленныхъ вѣсовыхъ отношеніяхъ, примѣнимо вообще ко всѣмъ химическимъ соединеніямъ. Посмотримъ, напримѣръ, на соединеніе сѣры съ желѣзомъ, упомянутое въ гл. 4, § 8. Если смѣшать 32 грм. сѣры и 56 грм. желѣза и привести ихъ въ соединеніе, то получаютъ 88 грм. сѣрнистаго желѣза; самое точное изслѣдованіе показываетъ, что не осталось и слѣда сѣры или желѣза. Если бы мы взяли 33 грм. сѣры или 57 грм. желѣза, то все таки получили бы лишь 88 грм. сѣрнистаго желѣза; въ первомъ случаѣ остался бы не соединеннымъ 1 грм. сѣры, въ послѣднемъ 1 грм. желѣза.

Въ многочисленныхъ случаяхъ возможно соединеніе двухъ элементовъ во многихъ отношеніяхъ. Если помѣстить въ стеклянную колбу углеродъ въ самой чистой формѣ его, въ видѣ алмаза, колбу наполнить кислородомъ и нагрѣть при помощи, напримѣръ, зажигательнаго стекла, направляющаго пучокъ солнечнаго свѣта на алмазъ, то углеродъ и кислородъ соединяются, углеродъ окисляется или сгораетъ. Образуется углекислота, въ которой 12 вѣсовыхъ частей углерода соединены съ 32 вѣсовыми частями кислорода. Весь остальной кислородъ, находящійся въ колбѣ, не принимаетъ участія въ этомъ химическомъ процессѣ. Но если углеродъ сгораетъ при недостаточномъ притокѣ кислорода, то образуется совершенно другое соединеніе, въ которомъ на 12 вѣсовыхъ частей углерода приходится 16 вѣсовыхъ частей кислорода. Мы называемъ это соединеніе окисью углерода. Здѣсь нужно обратить вниманіе на слѣдующіе два важные пункта: 1) вѣсовыя количества кислорода, которыя могутъ соединиться съ 12 вѣсовыми частями водорода, стоятъ въ простомъ отношеніи, какъ $16 : 32 = 1 : 2$, и 2) вѣсовое количество соединяющагося кислорода (16) то же самое, которое уже раньше было указано при соединеніи его съ водородомъ съ образованіемъ воды; а именно $16 : 2$.

Эти оба факта не единичны. Вездѣ, гдѣ одинъ и тотъ же элементъ можетъ давать съ какимъ-нибудь другимъ элементомъ больше одного соединенія, соединяющіяся вѣсовыя количества, представляютъ простыя кратныя основного числа, совершенно опредѣленнаго для каждаго элемента. Какія бы мы не изслѣдовали соединенія этого элемента съ другими, мы всегда находимъ, что его вѣсовыя количества, вступающія въ соединеніе, выражаются тѣмъ же самымъ основнымъ числомъ или простымъ кратнымъ его.

И такъ это основное число представляетъ, повидимому, наименьшее количество соотвѣтственнаго элемента, которое можетъ вообще существовать. Мы взвѣшиваемъ его, исходя изъ «крита». т. е. вѣса литра водорода при 0° и 760 мм. hg, и принимая за единицу атомный вѣсъ водорода $= \frac{1}{2n}$ критъ. Такимъ путемъ получаются атомные вѣса всѣхъ элементовъ, соединенія которыхъ мы можемъ анализировать, выраженные кратными атомнаго вѣса водорода.

Атомные вѣса и химическіе знаки важнѣйшихъ элементовъ, встрѣчаемыхъ въ организмахъ *).

Углеродъ	C	12	*Бромъ	Br	80
Водородъ	H	1	Натрій	Na	23
Кислородъ	O	16	Калій	K	39
Азотъ	N	14	Кальцій	Ca	40
Сѣра	S	32	Магній	Mg	24,2
Фосфоръ	P	31	Желѣзо	Fe	56
Хлоръ	Cl	35,2	*Марганецъ	Mn	55
Фторъ	Fl	19	*Мѣдь	Cu	63,2
Кремній	Si	28,2	*Алюминій	Al	27
Іодъ	J	126	*Цинкъ	Zn	65

Элементы, обозначенные *) были находимы не во всѣхъ организмахъ; бромъ только въ морскихъ растеніяхъ, мѣдь въ нѣкоторыхъ растеніяхъ и въ крови ракообразныхъ и моллюсковъ, цинкъ только въ желтыхъ фіалкахъ, растущихъ на почвахъ, содержащихъ гальмей **), алюминій въ нѣкоторыхъ видахъ плауновъ ***).

9. Анализъ соединеній. Изъ всего, что мы узнали о соединеніяхъ газовъ, вытекаетъ, что молекулярный составъ изъ атомовъ можетъ быть установленъ въ томъ случаѣ, если соединеніе газообразно или можетъ, при подходящей температурѣ, перейти въ газообразное состояніе, при допущеніи, что атомные вѣса элементовъ, входящихъ въ соединеніе, извѣстны. Мы не можемъ здѣсь излагать тѣ весьма кропотливые опыты, посредствомъ которыхъ они были найдены. Я хочу только на единичныхъ примѣрахъ показать, какъ опредѣляется составъ соединенія и какъ онъ обозначается формулой. Для этого нужно: 1) опредѣлить процентный составъ даннаго тѣла; 2) плотность его паровъ, т. е. вѣсъ литра вещества (въ газо- или парообразномъ состояніи) при 0° и 760 мм. hg въ критахъ.

Чтобы опредѣлить процентный составъ соединенія, нужно его анализировать, т. е. разложить его на составныя части. Мы объяснимъ способъ этого изслѣдованія на примѣрѣ органическихъ соединеній, такъ какъ они имѣютъ для насъ выдающееся значеніе. Всѣ органическія вещества содержатъ углеродъ, на что впервые было указано Лавуазье, кромѣ того, въ составъ большинства ихъ входитъ кислородъ и водородъ, въ составъ нѣкоторыхъ также азотъ, фосфоръ, сѣра и иногда тотъ или другой изъ элементовъ, приведенныхъ въ таблицѣ § 8. Если дѣло идетъ объ неизвѣстномъ органическомъ тѣлѣ, то тамъ, гдѣ особенно важно знать по причинамъ, о которыхъ рѣчь будетъ еще ниже, содержитъ ли тѣло азотъ или нѣтъ, начинаютъ обыкновенно изслѣдованіе съ испытанія на присутствіе азота.

Мы возьмемъ для изслѣдованія два извѣстныхъ органическихъ тѣла: виноградный сахаръ и клей. Если въ раскаленный платиновый тигель бросать мелко истолченный сахаръ, то замѣчаютъ, что сахаръ плавится и вспучивается. При этомъ отдѣляются пары. Если передъ отверстіемъ тигля помѣстить холодную фарфоровую пластинку, то пары осаждаются на ней, они оказываются состоящими изъ чистой воды. Спустя нѣкоторое время вещество воспламеняется; сахаръ горитъ. Когда пламя потухаетъ, тигель оказывается наполненнымъ рыхлой, губчатой черной массой, напоминающей уголь. При болѣе сильномъ прокаливаніи, черная масса постепенно исчезаетъ; тигель, наконецъ, дѣлается совершенно пустымъ. Черная масса, дѣйствительно, состояла изъ угля. Послѣдній при высокой температурѣ соединился съ кислородомъ воздуха и улетучился въ видѣ углекислоты.

Если повторить этотъ опытъ съ тѣмъ только различіемъ, что сахаръ будетъ нагрѣваться

*) Цифры, приводимыя въ таблицѣ, нѣсколько округлены. Точныя изслѣдованія дали, напримѣръ, для C 11,92, для O 15,88, для N 13,94, для хлора 35,18 и т. д.

**) * Гальмей, минералъ, содержащій цинкъ, желѣзо, иногда мышьякъ, висмутъ и серебро. *

***) Можетъ случиться, что вещества, не входящія въ нормальный составъ живого организма, попадаютъ въ него случайно. Въ такомъ случаѣ, если они не такъ сильно ядовиты, чтобы быстро прекратить жизнь, они или снова выдѣляются или отлагаются въ тѣлѣ. Такъ, напримѣръ, находятъ иногда въ трупахъ людей свинецъ или другіе металлы, которые были воспринятыя во время жизни, а затѣмъ отложились въ человѣческомъ тѣлѣ, особенно въ печени.

въ длинной, узкой, снизу запаянной стеклянной трубкѣ, то наблюдаемыя явленія будутъ нѣсколько отличаться. Выдѣляемые изъ прокаливаемаго сахара пары осаждаются въ верхнихъ, остающихся холодными, частяхъ трубки. Теперь мы можемъ еще лучше убѣдиться, что они состоятъ изъ воды. На днѣ трубки мы снова находимъ черную массу, но она теперь, вслѣдствіе недостаточнаго притока кислорода въ узкой трубкѣ, остается даже послѣ продолжительнаго прокаливанія неизмѣненной. Мы можемъ убѣдиться, что она, дѣйствительно, обладаетъ всѣми свойствами углерода.

Мы можемъ отсюда заключить, что сахаръ долженъ содержать углеродъ и водородъ, изъ которыхъ, при полномъ сгораніи, образуются углекислота и вода. Содержитъ ли онъ еще другіе элементы, мы сказать напередъ не можемъ, изъ приведенныхъ опытовъ вытекаетъ только, что онъ не заключаетъ въ своемъ составѣ никакихъ несгораемыхъ, твердыхъ элементовъ, которые бы, при сжиганіи, давали нелетучіе продукты. Въ такомъ случаѣ они должны были бы, при сжиганіи въ накаливаемомъ тиглѣ, остаться въ видѣ золы.

Посмотримъ теперь, что дѣлается при тѣхъ же условіяхъ съ клеемъ. И онъ плавится, выдѣляетъ пары и оставляетъ уголь, сгорающій, въ концѣ концовъ, безъ остатка. Но онъ развиваетъ въ то же время своеобразный запахъ, напоминающій запахъ горѣлыхъ перьевъ. Чтобы изслѣдовать, отчего это зависитъ, мы повторимъ опытъ, предварительно смѣшавши измельченный клей съ нѣкоторымъ количествомъ натронной извести (т. е. извести, пропитанной ѣдкимъ натромъ).

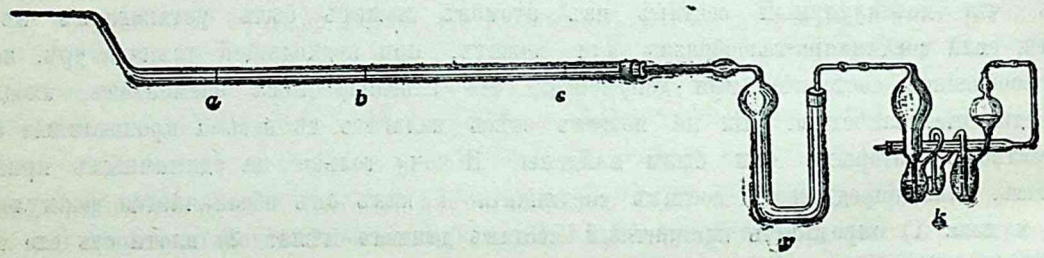


Рис. 26.

Элементарный анализъ.

Стеклянная трубка до a наполняется окисью мѣди, между a и b находится смѣсь анализируемаго тѣла и окиси мѣди, отъ b до c снова окись мѣди. U-образная трубка r содержитъ куски хлористаго кальція, захватывающаго всю воду, кали-аппаратъ k содержитъ крѣпкій растворъ ѣдкаго кали, захватывающаго угольную кислоту. Подробности въ текстѣ.

Если мы будемъ держать надъ парами, выдѣляемыми накаливаемой массой, стеклянную палочку, смоченную соляной кислотой, то образуется бѣлое, густое облачко. Это признакъ присутствія въ парахъ амміака. Такъ какъ мы знаемъ, что амміакъ состоитъ изъ азота и водорода, то мы можемъ заключить, что въ клеѣ, рядомъ съ углеродомъ и водородомъ, содержится также азотъ.

10. Количественный элементарный анализъ. Вышеприведенное изслѣдованіе, сдѣланное нами по отношенію къ сахару и клею, мы можемъ назвать качественнымъ анализомъ. Этимъ путемъ мы узнали о присутствіи извѣстныхъ элементовъ и объ отсутствіи другихъ. Но, чтобы точнѣе установить характеръ соединенія, мы должны сдѣлать количественный элементарный анализъ. Методы его для органическихъ веществъ были изобрѣтены Лавуазье и усовершенствованы позднѣе Либихомъ и др. Мы изложимъ подробнѣе примѣненіе его къ одному изъ двухъ доселѣ разсмотрѣнныхъ нами веществъ, а именно къ сахару *).

Въ трубку изъ трудно плавкаго стекла, длиною приблизительно въ 80 см., вытянутую съ одного конца въ тонкое остріе и затѣмъ запаянную, помѣщается сначала окись мѣди (до a), затѣмъ отвѣшенное количество мелко истолченнаго сахара **), перемѣшаннаго съ порошкомъ окиси мѣди, затѣмъ опять окись мѣди и, наконецъ, асбестовая пробка. Трубка замыкается хорошо пригнанной пробкой. Черезъ послѣднюю проходитъ согнутая подъ прямымъ угломъ тонкая стеклянная трубка, переходящая однимъ колѣномъ въ U-образную трубку r, наполненную хлористымъ кальціемъ. Съ ней посредствомъ каучуковой смычки соединенъ кали-аппаратъ k, а къ нему прикрѣпленъ соединена трубочка, наполненная кусочками ѣдкаго кали. Большая хлоръ-кальціевая трубка r и

*) Количественное опредѣленіе азота въ азотъ—содержащихъ органическихъ веществахъ я пока обхожу молчаніемъ. Ср. гл. 10.

**) Существуютъ различные виды сахара; анализируемый нами представляетъ собою такъ называемый виноградный сахаръ, такъ какъ онъ встрѣчается въ винограде.

кали-аппаратъ *k* предварительно взвѣшиваются отдѣльно. Посредствомъ находящихся снизу горѣлокъ трубка сначала накаливается между *b* и *c*, затѣмъ между *a* и запаяннымъ концемъ, наконецъ, между *b* и *a*, гдѣ находится смѣсь изъ сахара и окиси мѣди. Сахаръ разрушается, и весь, заключающійся въ немъ углеродъ превращается въ углекислоту, а водородъ въ воду. Окись мѣди, состоящая изъ мѣди и кислорода, въ раскаленномъ состояніи въ соприкосновеніи съ органическими веществами отдаетъ кислородъ и служитъ для того, чтобы обезпечить полное сжиганіе углерода и водорода.

Продукты разложенія сахара могутъ выдѣляться только по направленію къ открытому концу трубки. Образующаяся вода задерживается въ трубкѣ *r*, наполненной хлористымъ кальціемъ, такъ какъ послѣдній жадно поглощаетъ воду, какъ сильно гигроскопическое тѣло. Вся образовавшаяся углекислота задерживается въ ѣдкой щелочи аппарата *k*, а испаряющаяся изъ послѣдней вода удерживается въ маленькой трубочкѣ, наполненной кусочками ѣдкаго кали. Наконецъ, нѣкоторое количество воды и углекислоты остается въ самой трубкѣ. Чтобы и ихъ перевести также въ *r* и *k*, надѣваютъ на запаянное остріе трубки резиновую трубку, соединяющуюся съ другой хлоръ-кальціевой трубкой и кали-аппаратомъ; кончикъ стеклянной трубки разламываютъ внутри каучуковой трубки и пропускаютъ изъ газометра черезъ трубку атмосферный воздухъ. Послѣдній, проходя черезъ вновь введенные поглотительные аппараты, освобождается отъ всего, примѣшаннаго къ нему, водянаго пара и углекислоты и затѣмъ идетъ по трубкѣ для сжиганія по направленію къ *r* и *k*. При вторичномъ взвѣшиваніи *r* и *k* опредѣляютъ, сколько поглощено этими аппаратами воды и углекислоты. Въ одномъ изъ такихъ опытовъ было найдено *) (вычислено на 100 грм. сахара):

145,64 грм. CO_2 отвѣчаетъ 39,72 грм. C
60,30 » H_2O » 6,70 » H

46,42 грм.

Недостаетъ, слѣдовательно, 53,58 грм. Они могутъ быть только кислородомъ, такъ какъ изъ 100 грм. сахара ничего другого, кромѣ CO_2 и H_2O, не образовалось. Слѣдовательно, сахаръ состоитъ изъ трехъ элементовъ C, H и O. Его процентный составъ, согласно нашему анализу **), былъ бы:

39,72% C
6,70 » H
53,58 » O

100,00

11. Установка химическихъ формулъ. Чтобы изъ процентнаго состава сахара:

39,72 C : 6,70 H : 53,58 O

вычислить химическую формулу, т. е. найти, сколько можетъ заключаться въ молекулѣ сахара каждаго изъ трехъ элементовъ, мы дѣлимъ найденныя числа на атомные вѣса. Такимъ образомъ мы получаемъ:

$$\frac{39,72}{12}\,C : \frac{6,70}{1}\,H : \frac{53,58}{16}\,O$$

$$= 3,31\,C : 6,70\,H : 3,35\,O$$

Такъ какъ число атомовъ можетъ быть выражено только цѣлыми цифрами, то мы округляемъ

3 атома C, 6 атомовъ H и 3 атома O.

Мы можемъ сдѣлать это потому, что небольшія отклоненія въ цифрахъ съ положительностью могутъ быть отнесены на неизбѣжныя, при производствѣ анализа, погрѣшности. Мы можемъ, такимъ образомъ, принять, что формула сахара $C_3H_6O_3$; но съ такимъ же правомъ мы могли бы написать CH_2O или $C_2H_4O_2$ или вообще $(CH_2O)_n$, гдѣ *n* обозначаетъ какое-нибудь цѣлое число. Всѣ эти формулы одинаково хорошо согласуются съ результатомъ анализа, посредствомъ котораго находятся только вѣсовыя отношенія трехъ составныхъ

*) Найденныя вѣсовыя числа, чтобы быть выраженными въ процентахъ, перечислены на 100 грм. На самомъ дѣлѣ анализъ производился съ значительно меньшимъ количествомъ (меньше, чѣмъ 1 грм.).

**) Содержаніе кислорода не находится прямо, но вычисляется изъ разницы между вѣсомъ сахара и вѣсомъ C и H (46,42). Образовавшаяся CO_2 и H_2O заключаютъ много больше O, чѣмъ находилось въ сахарѣ; O, потребовавшійся для полнаго сгоранія былъ доставленъ окисью мѣди.

частей. Если мы вычислимъ, на основаніи одной изъ этихъ трехъ формулъ, процентный составъ сахара, то окажется

40% C 6,66% H 53,33% O,

эти числа нѣсколько отличаются отъ найденныхъ при анализѣ вслѣдствіе ошибокъ наблюденія, напр., при взвѣшиваніи и т. д.

Всѣ эти формулы, такимъ образомъ, представляются пока одинаково вѣроятными въ смыслѣ ихъ правильности. Чтобы предпочесть одну изъ нихъ другой, мы должны искать основанія для такого рѣшенія. Для этого существуетъ только одно средство: мы должны опредѣлить молекулярный вѣсъ сахара.

12. Анализъ и вычисленіе формулы эфира. Опредѣленіе плотности паровъ по отношенію къ сахару невозможно, такъ какъ онъ не можетъ быть переведенъ въ газообразную форму и разлагается при нагрѣваніи. Поэтому мы повторимъ опытъ съ другимъ веществомъ, состоящимъ, подобно сахару, изъ углерода, водорода и кислорода, но могущимъ быть легко наблюдаемымъ въ газообразной формѣ. Мы выберемъ съ этою цѣлью эфиръ.

Эфиръ (точнѣе этиловый эфиръ) представляетъ прозрачную, какъ вода, легко подвижную жидкость съ удѣльнымъ вѣсомъ въ 0,725, очень летучую и горючую. Онъ горитъ свѣтящимся пламенемъ; при сгораніи образуется только углекислота и вода. Анализъ показываетъ, что 100 частей его содержатъ:

C	64,865
H	13,513
O	21,622
	100,00

Если раздѣлить эти числа на атомные вѣса элементовъ, то получаемъ для

C	64,865 : 12 = 5,405
H	13,513 : 1 = 13,513
O	21,622 : 16 = 1,351

Второе число относится къ послѣднему какъ 10 : 1, первое къ послѣднему какъ 4 : 1. Такимъ образомъ, если мы примемъ, что молекула эфира содержитъ 1 атомъ кислорода, то мы должны принять, что въ ней 10 атомовъ водорода и 4 атома углерода. Тогда формула эфира была бы $C_4H_{10}O$ или какое либо кратное ея. Если бы мы остановились на самой простой изъ этихъ формулъ $(C_4H_{10}O)$, то молекулярный вѣсъ эфира, по вычисленію, былъ бы равенъ $4 \times 12 + 10 \times 1 + 1 \times 16 = 74$.

Такъ какъ эфиръ легко и безъ разложенія можетъ быть превращенъ въ паръ (онъ кипитъ при 35°), то мы можемъ такимъ путемъ опредѣлить плотность его паровъ и вмѣстѣ съ тѣмъ его молекулярный вѣсъ. Мы отвѣшиваемъ опредѣленное количество эфира, превращаемъ его въ паръ, опредѣляемъ пространство, занимаемое паромъ, точно измѣряемъ температуру и давленіе пара. Затѣмъ мы вычисляемъ, сколько вѣситъ такой же объемъ водорода при той же температурѣ и томъ же давленіи. Раздѣляя на этотъ послѣдній вѣсъ эфира, мы получаемъ удѣльный вѣсъ или плотность пара эфира, отнесенную къ плотности водорода, принятой за единицу. Мы находимъ ее = 37.

Молекула водорода имѣетъ (ср. § 7) молекулярный вѣсъ 2, слѣдовательно, молекулярный вѣсъ эфира будетъ $= 2 \times 37 = 74$. Такимъ образомъ изъ многихъ возможныхъ для эфира формулъ самая простая $C_4H_{10}O$ является и самой правильной.

13. Стехіометрическіе способы. Чтобы установить правильныя формулы и для тѣхъ тѣлъ, плотность паровъ которыхъ нельзя опредѣлить, существуютъ различные пути, покоящіеся отчасти уже на извѣстныхъ намъ законностяхъ. Часто примѣняющійся способъ, стехіометрическій, состоитъ въ томъ, что опредѣляется вѣсовое количество изслѣдуемаго вещества, вступающее въ соединеніе съ другимъ опредѣленнымъ тѣломъ или элементомъ, атомный вѣсъ котораго извѣстенъ. Примемъ, что мы анализировали уксусную кислоту и нашли, что 100 частей ея содержатъ 40,00 C, 6,66 H и 53,33 O. Эти числа, будучи раздѣлены на атомные вѣса каждаго изъ трехъ элементовъ, даютъ цифры:

для C $40{,}00 : 12 = 3{,}33$,
» H $6{,}66 : 1 = 6{,}66$,
» O $53{,}33 : 16 = 3{,}33$.

Отсюда мы вычисляемъ формулу CH_2O или кратную ея. Уксусная кислота соединяется съ серебромъ такимъ образомъ, что 1 атомъ водорода замѣщается 1 атомомъ серебра *). Если отвѣшенное количество этого соединенія, уксусно-кислаго серебра сплавить, то органическое вещество разрушается, металлическое же серебро остается. Вѣсъ остатка составляетъ 64,7% всего. Слѣдовательно, уксуснокислое серебро состоитъ изъ 64,7% серебра и 35,3% органическаго вещества. Атомный вѣсъ серебра 108. Отсюда мы находимъ вѣсъ органическаго вещества изъ пропорціи:

$$64{,}7 : 35{,}3 = 108 : x$$
$$x = 59.$$

Если мы прибавимъ къ этому вѣсъ одного атома H, то получимъ молекулярный вѣсъ уксусной кислоты $59 + 1 = 60$. Формула CH_2O даетъ $12 + 2 + 16 = 30$, мы должны поэтому ее удвоить и писать $C_2H_4O_2$.

14. Осмотическій и другіе способы. Если тѣла, молекулярная величина которыхъ должна быть опредѣлена, растворимы, то для опредѣленія ея можно воспользоваться свойствами растворовъ, упомянутыми въ шестой главѣ. Изотоническіе растворы (ср. гл. 6, § 19) заключаютъ въ равныхъ объемахъ растворителя одинаковое число молекулъ растворенаго тѣла. Слѣдовательно, если мы растворимъ одну граммомолекулу какого нибудь тѣла A, мокекулярный вѣсъ котораго извѣстенъ, въ одномъ литрѣ воды и испробуемъ, сколько граммъ другого вещества B мы должны растворить въ одномъ литрѣ, чтобы оба раствора были изотоничны, то мы опредѣляемъ такимъ путемъ величину граммомолекулы, а вмѣстѣ съ тѣмъ и молекулярный вѣсъ вещества B.

Для этихъ опредѣленій выраженіе концентраціи раствора въ граммомолекулахъ, вмѣсто обыкновеннаго въ вѣсовыхъ процентахъ, имѣетъ преимущество. Если въ 100 см.³ растворителя растворено a, b или c граммъ какого нибудь вещества, то такой растворъ называется a-, b-, c-процентнымъ. Но растворы различныхъ веществъ, при одинаковомъ процентномъ содержаніи, заключаютъ не одинаковое число молекулъ. Если мы раздѣлимъ число граммъ какого нибудь вещества на его молекулярный вѣсъ, то мы этимъ получаемъ обозначеніе концентраціи въ формѣ, очень удобной для сравненія осмотическихъ давленій.

Калійная селитра имѣетъ химическую формулу KNO_3, ея молекулярный вѣсъ $= 101$. Если въ 100 грм. воды растворено 5,05 грм. селитры, то мы говоримъ, что растворъ 5,05 процентный. Такой растворъ содержалъ бы въ литрѣ 50,5 грм. Если мы раздѣлимъ послѣднее число на 101, то получаемъ 0,5; растворъ, слѣдовательно, заключаетъ $^1/_2$ граммомолекулы въ литрѣ. Такой растворъ представляется изотоничнымъ 18% раствору виноградаго сахара, или иначе раствору, содержащему въ литрѣ 180 грм. его. Изъ этого слѣдовало бы заключить, что 180 представляетъ половину граммомолекулы виноградаго сахара, тогда молекулярный вѣсъ его долженъ былъ бы быть $= 360$. Но это заключеніе является ложнымъ. Число это нужно уменьшить вдвое: молекулярный вѣсъ сахара $= 180$. Основанія этого отклоненія были уже выяснены въ гл. 7, § 4 и § 8. Подробности см. въ § 16 этой главы.

Изъ данныхъ элементарнаго анализа мы вывели для виноградаго сахара неопредѣленную формулу $(CH_2O)n$. Если мы примемъ $n = 1$, то мы приходимъ къ молекулярному вѣсу $12 + 2 + 16 = 30$. Но истинный молекулярный вѣсъ $= 180$, такимъ образомъ, правильная формула будетъ $C_6H_{12}O_6$.

Законности (повышеніе точки кипѣнія, пониженіе точки замерзанія, опредѣленіе электропроводности), упомянутыя въ седьмой главѣ, во многихъ случаяхъ могутъ быть примѣняемы *) для опредѣленія молекулярнаго вѣса.

Если приходится имѣть дѣло съ веществами, почти или совсѣмъ нерастворимыми въ водѣ

*) Откуда мы это знаемъ, будетъ выяснено впослѣдствіи (ср. гл. 9). Процентный составъ уксусной кислоты подобенъ процентному составу сахара, но правильная формула ея другая; это хорошій примѣръ, указывающій на важность опредѣленія послѣдней.

безъ измѣненія, то пользуются другими растворителями: алкоголемъ, бензиномъ и т. д. Съ помощью того или другого изъ этихъ способовъ удалось опредѣлить молекулярные вѣса и такихъ тѣлъ, для которыхъ способы опредѣленія плотности пара и стехіометрическіе не могутъ быть примѣнены. Но, все-таки, существуютъ нѣкоторыя вещества, особенно среди имѣющихъ важное значеніе для физіологіи, для которыхъ ни одинъ изъ извѣстныхъ доселѣ способовъ не приводитъ къ цѣли, для которыхъ даже элементарный анализъ вслѣдствіе трудности ихъ полученія въ чистомъ видѣ даетъ лишь приблизительное основаніе для установки какой-нибудь формулы. Мы должны для нихъ ограничиться предварительно лишь данными процентнаго состава или, самое большее, установить формулу съ извѣстной долей вѣроятія.

15. Диссоціація газовъ. Комплексы атомовъ, названные нами молекулами, не могутъ быть разсматриваемы, какъ неподвижныя образованія. Мы имѣемъ достаточное основаніе принять, что въ постоянномъ движеніи находятся не только молекулы, но что и атомы внутри каждой молекулы въ узкихъ предѣлахъ совершаютъ движеніе вокругъ другъ друга, но при томъ такъ, что ихъ общій центръ тяжести остается неизмѣннымъ. И эти движенія получаютъ ускореніе при повышеніи температуры; при достаточно высокой температурѣ отстояніе атомовъ другъ отъ друга можетъ дѣлаться настолько большимъ, что ихъ взаимное притяженіе (ихъ сродство) преодолѣвается. Тогда происходитъ распадъ молекулы или на отдѣльные атомы или на меньшія атомныя группы. Поэтому очень многія химическія соединенія, при достаточномъ нагрѣваніи, могутъ быть разложены, особенно такія, составныя части которыхъ всѣ, или часть ихъ, газообразны, или дѣлаются газообразными при высокой температурѣ.

Этотъ родъ разложенія называется диссоціаціей. Если прокаливать, напримѣръ, окись ртути въ трубкѣ изъ тугоплавкаго стекла, то она разлагается на ртутные пары и кислородъ; первые, въ видѣ жидкой ртути, осаждаются на холодныхъ частяхъ трубки, между тѣмъ какъ кислородъ выдѣляется въ видѣ газа. Это разложеніе происходитъ уже и при незначительномъ нагрѣваніи, даже и при комнатной температурѣ, только значительно медленнѣе. Если нагрѣвать хлористый аммоній, NH_4Cl, то онъ испаряется, но вмѣстѣ происходитъ и разложеніе и при температурахъ выше 350^0 находится только смѣсь амміака, NH_3 и хлороводорода, HCl. Такъ какъ разложеніе при температурахъ, лежащихъ ниже этого предѣла, происходитъ не вполнѣ, то молекулы хлористаго аммонія, амміака и хлороводорода находятся одновременно *). Чѣмъ выше поднимается температура, тѣмъ больше образуется послѣднихъ и меньше первыхъ.

Такъ какъ объемъ или давленіе газа зависитъ отъ числа молекулъ, заполняющихъ пространство, то газы, все болѣе диссоціирующіе съ повышеніемъ температуры, повидимому, не слѣдуютъ закону Гей-Люссака resp. Бойль—Маріотта (срав. гл. 6, § 2 и 3). Ихъ объемъ при давленіи, остающемся постояннымъ, возрастаетъ быстрѣе, чѣмъ это соотвѣтствуетъ повышенію температуры. Вмѣстѣ съ этимъ плотность уменьшается; при температурахъ, при которыхъ диссоціація происходитъ вполнѣ, она дѣлается равной совершенно точно половинѣ той плотности, которая должна была бы быть согласна молекулярнаго вѣса соединенія.

Подобно хлористому аммонію такое же явленіе обнаруживаетъ, между прочимъ, пятихлористый фосфоръ, распадающійся, при температурѣ выше 182^0, на треххлористый фосфоръ и хлоръ: $PCl_5 = PCl_3 + Cl_2$. Но и элементы, слѣдовательно, тѣла, молекулы которыхъ состоятъ изъ совершенно одинаковыхъ атомовъ, могутъ при повышеніи температуры, распадаться на отдѣльные атомы, или на молекулы съ меньшимъ числомъ атомовъ. Молекулы іода, въ парообразномъ состояніи, состоятъ при низкой температурѣ изъ 2 атомовъ; но,

*) Такъ какъ амміакъ имѣетъ молекулярный вѣсъ 17, хлороводородъ—36,2, то молекулы послѣдняго проходятъ медленнѣе черезъ пористую раздѣлительную стѣнку. Если пропускать пары въ трубку, въ которую вставлена подобная перегородка, то хлороводородъ накопляется передъ нею, между тѣмъ какъ амміакъ быстрѣе переходитъ въ другое отдѣленіе трубки.

при температурѣ выше 500°, начинается распаденіе на отдѣльные атомы и при температурѣ около 1500° находятся только отдѣльные атомы, плотность пара іода при этой температурѣ вдвое меньше, чѣмъ при температурѣ ниже 500°.

Изъ опредѣленій плотности элементовъ и ихъ соединеній въ газо- или парообразномъ состояніи вытекаетъ, что молекулы элементовъ водорода, кислорода, азота, хлора, паровъ брома, паровъ іода ниже 500°, и фтора, составлены каждая изъ двухъ атомовъ; молекулы элементовъ, которые при низкихъ температурахъ тверды, какъ напр., іодъ, фосфоръ, сѣра, мышьякъ и др., въ этомъ состояніи заключаютъ въ себѣ, вѣроятно, большее число атомовъ. Тѣ же, которые могутъ переходить въ газообразную форму, распадаются при этомъ на меньшія молекулы; сѣра является тогда двуатомной, фосфоръ четырехатомнымъ.

Два атома галоидовъ (хлора, іода, брома, фтора), соединенные въ одну молекулу, легко отдѣляются другъ отъ друга въ присутствіи тѣлъ, съ которыми они могутъ вступить въ соединеніе. Изъ молекулы хлора, напр., въ присутствіи натрія образуются двѣ молекулы хлористаго натрія. Поэтому говорятъ, что эти элементы очень склонны къ реакціямъ. По сравненію съ ними водородъ, кислородъ и азотъ менѣе дѣятельны, такъ какъ ихъ атомы прочнѣе связаны. Однако, если ихъ отдѣлить другъ отъ друга при помощи болѣе сильныхъ воздѣйствій или если ихъ атомы высвобождаются изъ какихъ-нибудь соединеній, то эти свободные атомы, прежде чѣмъ успѣютъ сложиться въ молекулы, также очень склонны къ реакціямъ. Это состояніе свободныхъ атомовъ называютъ Status nascendi.

Атомы вновь открытыхъ элементовъ аргона и гелія еще менѣе дѣятельны; они обладаютъ еще меньшей способностью къ соединенію. Вѣроятно атомы ихъ остаются одиночными, каждая молекула ихъ состоитъ изъ одного атома. Это представляется вѣроятнымъ также по отношенію ко всѣмъ металламъ; доказано же это для тѣхъ, которые наблюдались въ газообразной формѣ и плотность паровъ которыхъ могла быть измѣрена. Ихъ газообразныя соединенія занимаютъ совершенно такой же объемъ, какъ и паръ металла, въ нихъ заключающагося *).

16. Диссоціація растворенныхъ тѣлъ. Мы видѣли въ главѣ 6, что молекулы растворенаго тѣла относятся также, какъ и молекулы газа. Онѣ движутся внутри растворителя, какъ газовая молекула въ пустомъ пространствѣ, подчиняясь тѣмъ же законамъ, и соотвѣтственно этому производятъ осмотическое давленіе, которое, какъ давленіе газовъ, пропорціонально абсолютной температурѣ. Такъ какъ мы принимаемъ и здѣсь, что рядомъ съ этими молекулярными движеніями внутри самихъ молекулъ происходитъ колебательное движеніе атомовъ и, что послѣднее при повышеніи температуры дѣлается болѣе энергичнымъ, то становится понятнымъ, почему и здѣсь можетъ произойти диссоціація. Но это распаденіе молекулъ происходитъ не у всѣхъ растворимыхъ тѣлъ, а только у тѣхъ, которыя въ своихъ растворахъ проводятъ электричество и при этомъ разрушаются, у такъ называемыхъ электролитовъ. Возникающіе два компонента могутъ быть атомами или атомными группами. Диссоціація тѣмъ значительнѣе, чѣмъ выше температура и чѣмъ слабѣе растворъ. Въ растворѣ калійной селитры KNO_3, напр., рядомъ съ молекулами KNO_3 находятся молекулы K и NO_3. Чѣмъ разведеннѣе растворъ, тѣмъ больше обѣихъ послѣднихъ; поэтому осмотическое давленіе при сильномъ разведеніи все больше приближается къ удвоенному числу того, которое вычислено на основаніи молекулярнаго вѣса. Вотъ почему мы (срав. стр. 117), при сравненіи осмотическаго давленія раствора селитры съ осмотическимъ давленіемъ раствора виноградная сахара, число, найденное для молекулярнаго вѣса послѣдняго, должны были раздѣлить на 2. (Ср. также гл. 7, § 8). Поэтому

*) Металлы отличаются отъ всѣхъ остальныхъ элементовъ, металлоидовъ, къ которымъ не смотря на ихъ одноатомную молекулу принадлежатъ также аргонъ и гелій, извѣстнымъ числомъ общихъ признаковъ особенно ихъ хорошею тепло— и электропроводностью.

при всѣхъ опредѣленіяхъ молекулярнаго вѣса на основаніи осмотическаго давленія, пониженія точки замерзанія или повышенія точки кипѣнія, всегда нужно имѣть это въ виду, такъ какъ всѣ они зависятъ отъ числа молекулъ, растворенныхъ въ единицѣ объема. Если въ разведенныхъ растворахъ электролитовъ молекулы расщепляются, то осмотическое давленіе дѣлается больше того, которое могло быть вычислено на основаніи молекулярнаго вѣса растворенаго тѣла.

Если погрузить въ растворъ какого нибудь электролита двѣ платиновыя пластинки и, соединивъ ихъ съ гальваническими элементами, сообщить имъ различныя напряженія $+e$ и $-e$, то диссоціированныя составныя части, заряженныя различными электричествами, направляются въ противоположныя стороны; благодаря этому, онѣ переносятъ заряды электричества и, такимъ образомъ, проводятъ токъ. Поэтому, эти обѣ составныя части называются іонами или іонтами, т. е. странниками. Тѣ, которыя переносятъ положительное электричество съ положительнаго электрода (анода) къ отрицательному (катоду), называются катіонами; тѣже, которыя переносятъ отрицательное электричество къ аноду, называются аніонами. Онѣ отдаютъ электродамъ свое электричество и удаляются изъ раствора или, какъ таковыя, если онѣ газообразны или, въ формѣ твердаго тѣла, какъ большинство металловъ или, наконецъ, онѣ даютъ поводъ къ вторичнымъ разложеніямъ. Электролиты, слѣдовательно, только тогда проводятъ электричество, когда они въ то же время разлагаются. Иначе относятся металлы; они могутъ сообщенное имъ электрическое напряженіе переносить прямо съ атома на атомъ.

Если одна изъ составныхъ частей растворенаго тѣла газообразна при температурѣ раствора, то она вслѣдствіе диссоціаціи можетъ уйти изъ раствора и тѣмъ легче, чѣмъ меньше парціальное давленіе соотвѣтственнаго газа надъ растворомъ. Этотъ процессъ играетъ важную роль при дыханіи, при воспринятіи кислорода и отдачѣ углекислоты, этихъ постоянныхъ спутниковъ всѣхъ жизненныхъ явленій. (Срав. гл. 11 § 9 и гл. 16). У высшихъ животныхъ посредникомъ при дыханіи является кровь. Въ красныхъ кровяныхъ тѣльцахъ послѣдней находится красящее вещество, гемоглобинъ, обладающій способностью связывать кислородъ; въ жидкой же части крови, плазмѣ, растворены всякаго рода соли особенно щелочные карбонаты и фосфаты, обладающіе способностью связывать угольную кислоту. Если помѣстить кровь въ безвоздушное пространство, то выдѣляются не только тѣ газы, которые были поглощены, но и тѣ, которые освобождаются вслѣдствіе диссоціаціи. Если кровь приходитъ въ соприкосновеніе съ воздухомъ, бѣднымъ O, то выдѣляется кислородъ; если же соприкосновеніе происходитъ съ воздухомъ бѣднымъ угольной кислотой, то послѣдняя выдѣляется изъ нея. Гемоглобинъ теряетъ весь связанный съ нимъ кислородъ, если парціальное давленіе его въ воздухѣ, соприкасающемся съ кровью, дѣлается меньше 10 мм. hg. Растворы двууглекислаго натрія, при диссоціаціи, не отдаютъ всей угольной кислоты *) часть ея является болѣе прочно связанной и можетъ быть отщеплена только подъ вліяніемъ дѣйствія кислотъ, имѣющихъ болѣе сильное сродство къ натрію. Въ сухомъ состояніи оксигемоглобинъ не теряетъ своего кислорода; двууглекислый же натрій, измельченный въ порошокъ, отдаетъ часть своей угольной кислоты и въ сухой атмосферный воздухъ, хотя и медленно, при повышеніи температуры быстрѣе.

Растворы углекислаго натрія, обработанные углекислотой при различныхъ давленіяхъ, не слѣдуютъ просто закону Генри Дальтона (глав. 6, § 14), такъ какъ здѣсь идетъ дѣло не о простой абсорбціи, но о сложныхъ процессахъ, въ которыхъ одновременно участвуютъ химическое сродство и диссоціація. То же самое имѣетъ мѣсто и въ отношеніи раствора гемоглобина къ кислороду, а также крови къ обоимъ газамъ.

*) Объ отношеніи угольной кислоты къ ея ангидриду см. глав. 9 § 9.

ДЕВЯТАЯ ГЛАВА.

Строеніе химическихъ соединеній.

1. Замѣщеніе. Способы, изложенные въ первыхъ параграфахъ предшествующей главы и служащіе для разложенія и новообразованія соединеній могутъ быть обозначены, какъ химическія реакціи, производимыя при помощи физическихъ средствъ. Частью это—синтезы, частью—анализы. Реакціи же, производимыя при помощи чисто химическихъ средствъ, протекаютъ обыкновенно иначе.

Металлическій натрій, въ соприкосновеніи съ водой, можетъ воспламениться и сгорѣть, съ выдѣленіемъ газа. Отдѣляющійся газъ можетъ быть собранъ въ опрокинутый и наполненный водою сосудъ; онъ оказывается чистымъ водородомъ. Поэтому говорятъ, что натрій разложилъ воду и выдѣлилъ водородъ.

Чтобы опредѣлить, что образовалось изъ натрія и кислорода воды мы должны изслѣдовать оставшуюся воду.

Химически чистая вода не имѣетъ никакого замѣтнаго вкуса; она не измѣняетъ цвѣта ни синей, ни красной лакмусовой бумаги. Вода же, съ которой былъ произведенъ опытъ, имѣетъ, хотя слабый, но замѣтный вкусъ, обозначаемый «щелочнымъ» и синитъ красную лакмусовую бумагу.

Если произвести опытъ съ большимъ количествомъ натрія, то можно, путемъ выпариванія воды, получить продуктъ этого опыта (другой продуктъ—это водородъ). При испареніи воды остается бѣлая, лучисто кристаллическая, нѣсколько просвѣчивающая масса, легко расплывающаяся на воздухѣ. Эта масса была растворена въ водѣ; она должна была, слѣдовательно, образоваться при описанной реакціи рядомъ съ водородомъ.

Химическій анализъ показываетъ, что вещество состоитъ изъ натрія, кислорода и водорода и что ему принадлежитъ формула $NaOH$. Мы называемъ его гидратомъ окиси натрія. Вода, какъ мы знаемъ, состоитъ изъ 2 атомовъ водорода и 1 атома кислорода, имѣетъ, слѣдовательно, формулу H_2O. Мы можемъ поэтому химическую реакцію, имѣвшую мѣсто въ нашемъ опытѣ, представить въ слѣдующемъ уравненіи:

$$H_2O + Na = NaOH + H$$

вода натрій гидратъ окиси натрія. водородъ.

Такимъ образомъ, мы могли бы принять, что изъ воды выдѣлился одинъ атомъ водорода, а на его мѣсто вступилъ одинъ атомъ натрія. Подобная реакція называется замѣщеніемъ. Мы можемъ, такъ сказать, разсматривать гидратъ окиси натрія, какъ воду, въ которой 1 атомъ водорода замѣщенъ 1 атомомъ натрія. Можно всѣ извѣстныя химическія соединія выводить изъ нѣкоторыхъ немногихъ типовъ, принимая, что отдѣльные атомы соединеній, представляемыхъ этими типами, замѣщены другими атомами.

Мы имѣли уже случай познакомиться съ соединеніемъ, хлороводородомъ, формула котораго HCl. Соединеніе это газообразно. Газъ этотъ въ большомъ количествѣ поглощается водой; 1 объемъ воды средней комнатной температуры растворяетъ около 400 объемовъ газа. Если прилить воду, поглотившую HCl, къ насыщенному раствору гидрата окиси натрія, то вы-

падаетъ бѣлая кристаллическая масса. Ближайшее изслѣдованіе ея указываетъ, что это поваренная соль или иначе хлористый натрій, составъ котораго выражается формулой NaCl. Реакція можетъ быть представлена уравненіемъ:

$$\underset{\text{хлороводородъ}}{HCl} + \underset{\text{гидратъ окиси натрія}}{NaOH} = \underset{\text{хлористый натрій}}{NaCl} + \underset{\text{вода}}{HOH}$$

Хлороводородъ и гидратъ окиси натрія превращаются въ хлористый натрій и воду.

Здѣсь мы имѣемъ обмѣнное разложеніе или иначе двойное замѣщеніе. Изъ HCl, при выхожденіи H и вступленіи Na, возникаетъ соединеніе NaCl, въ то время какъ освобождающійся H-атомъ замѣщаетъ Na въ соединеніи NaOH, снова образуя воду. Если мы могли NaOH разсматривать, какъ родъ воды, въ которой H замѣщенъ Na, то мы равнымъ образомъ можемъ разсматривать NaCl, какъ родъ HCl, въ которой H замѣщенъ Na.

2. Кислоты, основанія, соли. Тѣ три тѣла, съ которыми мы имѣли случай здѣсь познакомиться, обнаруживаютъ извѣстныя свойства, благодаря которымъ они могутъ служить типами цѣлой группы соединеній (въ другомъ смыслѣ, чѣмъ въ § 1). Растворъ гидрата окиси натрія имѣетъ щелочной вкусъ и синитъ красную лакмусовую бумагу. Растворъ хлоро-водорода имѣетъ кислый вкусъ, цвѣтъ красной лакмусовой бумаги не измѣняетъ, но краснитъ синюю. Чистая вода не имѣетъ ни кислаго, ни щелочнаго вкуса и не можетъ ни синить красной лакмусовой бумаги, ни краснить синей. Измѣненія окраски должны зависѣть отъ растворенныхъ въ водѣ веществъ, гидрата окиси натрія съ одной стороны и хлороводорода съ другой. Растворъ хлористаго натрія, образующійся, при смѣшеніи этихъ двухъ растворовъ, подобно водѣ, не оказываетъ никакого вліянія ни на красную, ни на синюю лакмусовую бумагу, но вкусомъ онъ отличается отъ чистой воды; вкусъ его солёный.

Тѣла, относящіяся, подобно хлороводороду, называются кислотами; тѣла со свойствами гидрата окиси натрія называются основаніями. Про первыя говорятъ, что они реагируютъ кисло, про послѣднія, что они имѣютъ основную или щелочную реакцію. Тѣла, образующіяся, подобно хлористому натрію, при взаимномъ дѣйствіи какой-нибудь кислоты и какого нибудь основанія и обладающія его свойствами, называются солями. Такъ какъ они не измѣняютъ ни красной ни синей лакмусовой бумаги, то говорятъ, что они реагируютъ нейтрально. Но существуютъ также соли, показывающія кислую реакцію и соли, показывающія основную.

Образованіе NaCl изъ HCl и NaOH происходитъ съ одновременнымъ образованіемъ воды. Но хлоръ и натрій могутъ также соединяться и при ихъ прямомъ смѣшеніи. Эта реакція при повышенной температурѣ протекаетъ весьма энергично. Если накаливать натрій въ струѣ хлора, то оба они прямо соединяются, образуя NaCl; послѣдній появляется въ видѣ бѣлаго пара, осаждающагося на болѣе холодныхъ мѣстахъ аппарата въ твердой формѣ. Если прокаливать натрій въ струѣ хлороводороднаго газа, то образуется хлористый натрій и освобождается водородъ. Процессы эти могутъ быть изображены уравненіями:

$$\underset{\text{хлоръ}}{Cl} + \underset{\text{натрій}}{Na} = \underset{\text{хлористый натрій.}}{NaCl}$$

$$\text{и} \quad \underset{\text{хлоро-водородъ.}}{HCl} + \underset{\text{натрій}}{Na} = \underset{\text{хлористый натрій}}{NaCl} + \underset{\text{водородъ.}}{H}$$

3. Химическое сродство атомовъ. На основаніи этихъ различныхъ реакцій мы можемъ сдѣлать нѣкоторыя заключенія относительно свойствъ различныхъ атомовъ. Мы можемъ сказать, что атомы соединяются потому, что имѣютъ сродство другъ къ другу. Конечно,

это только обозначеніе свойства, приписываемаго нами атомамъ и точнѣе намъ неизвѣстнаго. Но оно хорошо представляетъ фактическія отношенія. Далѣе мы можемъ заключить, что эти сродства имѣютъ различныя степени. Когда Na вытѣсняетъ изъ соединенія H_2O одинъ атомъ H, то, очевидно, ему должно быть приписано большее сродство къ остатку OH, чѣмъ то, которое существуетъ между этимъ остаткомъ OH и вторымъ H—атомомъ. Равнымъ образомъ мы должны принять между Cl и Na болѣе сильное сродство, чѣмъ между Cl и H, такъ какъ послѣдній можетъ быть вытѣсненъ Na. Наконецъ, между Na и H можетъ существовать только очень небольшое сродство, такъ какъ при обыкновенной температурѣ они не соединяются; для этого требуются связующія средства: таковымъ въ соединеніи NaOH служитъ O.

Когда H и Cl соединяются съ образованіемъ HCl, то возникаетъ тѣло, представляющее кислоту. Когда соединяются Na и Cl, то образуется соль, O и H соединяются, образуя воду H_2O, совершенно нейтральное и индифферентное вещество *). Наконецъ, въ соединеніи NaOH мы имѣемъ примѣръ основанія. Изъ этого мы видимъ, что и Na, подобно Cl, даетъ различнаго рода соединенія, смотря по природѣ другой составной части, съ которой онъ соединяется.

Различные элементы, слѣдовательно, смотря по присущимъ имъ свойствамъ, дѣйствуютъ различно, но на эти свойства оказываютъ вліяніе также и другіе элементы, съ которыми они соединяются. Повидимому, это связано съ электрическими свойствами, присущими, какъ атомамъ элементовъ, такъ и извѣстнымъ атомнымъ группамъ, на что уже было указано въ главѣ 8 § 16. Такъ какъ обломки молекулъ, на которые распадаются молекулы электролитовъ, относятся электрически различно, то атомы и атомныя группы должны обладать опредѣленными электрическими свойствами, обусловливающими, вѣроятно, ихъ способность къ соединенію.

Подобно хлору относятся іодъ, бромъ и фторъ. Они съ водородомъ образуютъ также кислоты: HI, HBr, HF, а съ натріемъ, каліемъ и другими металлами—соли. Благодаря послѣднему свойству всю эту группу называютъ солеобразователями или галоидами. Натрію подобны калій, литій и серебро, которыя съ OH образуютъ гидраты. Характернымъ для этихъ четырехъ кислотъ HCl, HI, HBr, и HF является то, что ихъ водородный атомъ, при соприкосновеніи съ названными металлами или съ образующимися изъ нихъ основаніями, вытѣсняется, такъ что при этомъ возникаютъ соотвѣтственныя соли NaCl, KCl, LiCl и AgCl или соотвѣтственныя соли іода, брома или фтора. Это происходитъ съ выхожденіемъ свободнаго H, если кислота дѣйствуетъ прямо на металлъ и съ одновременнымъ образованіемъ воды, если кислота дѣйствуетъ на гидратъ, какъ это выше указано въ уравненіяхъ при образованіи хлороводорода. Тоже самое относится ко всѣмъ кислотамъ; во всѣхъ нихъ находится, по меньшей мѣрѣ, одинъ H—атомъ, легко замѣщаемый металлами и, слѣдовательно, легко ведущій къ образованію солей. Но, въ то время какъ въ HCl, HI, HBr и HF, H—атомъ непосредственно присоединяется къ другому атому, въ другихъ группахъ кислотъ, онъ является связаннымъ съ O. Къ этому мы еще вернемся.

4. **Валентность или атомность элементовъ.** Въ тѣлахъ HCl, HJ, HBr, HF, NaCl, KCl, LiCl, AgCl мы имѣли случай познакомиться съ соединеніями, которыя заключаютъ въ себѣ по одному атому каждаго изъ двухъ элементовъ, входящихъ въ ихъ составъ. Каждый изъ упомянутыхъ металловъ можетъ давать соединенія съ J, Br, F, построенныя по тому же типу, какъ и соединеніе ихъ съ Cl. Иначе относятся соединенія каждаго изъ этихъ элементовъ съ кислородомъ. O соединяется съ 2H, образуя воду H_2O или съ однимъ H и однимъ Na, образуя гидратъ окиси натрія NaOH. По этому послѣднему типу построены

*) Неомотря на свою индифферентность, вода, почти во всѣхъ химическихъ реакціяхъ, играетъ важную роль, или тѣмъ, что она приводитъ растворенныя въ ней тѣла въ состояніе, въ которомъ они могутъ дѣйствовать другъ на друга, или тѣмъ, что она сама разлагается, и ея составныя части H и O принимаютъ участіе въ реакціи.

гидраты и другихъ упомянутыхъ нами металловъ: гидратъ окиси калія KOH, гидратъ окиси литія LiOH, гидратъ окиси серебра AgOH *).

Имѣется, слѣдовательно, существенное различіе между элементами H, Cl, J, Br, F, Na, K, Li, Ag съ одной стороны и элементомъ O съ другой. Но въ этомъ отношеніи кислородъ не является единственнымъ. Такимъ же образомъ относится, напримѣръ, сѣра. Мы знаемъ соединеніе H_2S, сѣроводородъ или сѣрнистый водородъ, соединеніе Cl_2S (двухлористая сѣра или хлоръ сульфидъ) и т. д. Еще иначе опять относится азотъ, послѣдній соединяется съ 3 атомами H, образуя амміакъ NH_3, этому типу отвѣчаетъ соединеніе NCl_3 (трехъ-хлористый азотъ) и ему подобныя. Наконецъ, существуетъ соединеніе углерода и водорода CH_4, болотный газъ или метанъ, которому отвѣчаетъ аналогическое соединеніе CCl_4 четырехъ-хлористый углеродъ.

Сродство или способность элементовъ къ соединеніямъ обнаруживается, слѣдовательно, въ различной степени и въ другомъ смыслѣ, чѣмъ мы видѣли это уже въ § 3. Одинъ атомъ хлора можетъ связать только 1 атомъ водорода или натрія, одинъ атомъ кислорода — 2 атома водорода или 2 атома хлора. Азотъ связываетъ каждаго изъ нихъ по 3 атома и углеродъ по 4. Атомы, связанные одними атомами кислорода, могутъ быть одноименны, какъ въ водѣ H_2O или различны, какъ въ гидратѣ окиси натрія NaOH. Путемъ пріобрѣтенія познаній въ этомъ направленіи вносится порядокъ и ясность въ кажущуюся съ перваго взгляда безпорядочную путаницу многочисленныхъ химическихъ соединеній.

Для обозначенія различія, существующаго въ этомъ направленіи между элементами, говорятъ, что элементы имѣютъ различную атомность или валентность. Водородъ — одноатоменъ, кислородъ — двуатоменъ, азотъ — трехатоменъ, углеродъ — четырехатоменъ. Элементами, важными для химіи живыхъ организмовъ, являются:

Одноатомные: H, Cl, Br, J, F, K, Na, Li (Ag) **).

Двуатомные. O, S, Ba, Ca, Mg, Fe **).

Трехатомные: N **), P **).

Четырехатомные: C, Si.

Если одинъ атомъ элемента перваго ряда соединяется съ однимъ атомомъ другого элемента того же ряда, то, вслѣдствіе одноатомности каждаго изъ нихъ, способность ихъ къ соединенію является исчерпанною, соединеніе, какъ говорятъ, насыщенно. Если же одинъ атомъ одноатомнаго элемента присоединяется къ одному атому двуатомнаго, то одна валентность остается еще свободной. Двуатомный элементъ можетъ присоединить къ себѣ еще одинъ атомъ или того же самого элемента или другого одноатомнаго. Чтобы указать на число валентностей, обыкновенно ставятъ у названія элемента соотвѣтственное число черточекъ, такъ H′, Cl′, Br′ и т. д.; напротивъ, O″, S″, N‴, C‴ или C^{iv}. Для соединеній одноатомныхъ элементовъ мы пользуемся слѣдующими изображеніями:

H—Cl	Na - Cl	K—F
Хлороводородъ.	Хлористый натрій.	Фтористый калій.

Для двуатомныхъ:

Ba = O	Ca = S
Окись барія.	Сѣрнистый кальцій.

и для соединеній между дву- и одноатомными элементами:

H—O—H	Na—O—H
Вода.	Гидратъ окиси натрія.

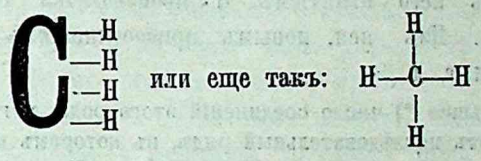
---

*) Для серебра приведенныя здѣсь реакціи наблюдаются только при опредѣленныхъ, не легко осуществимыхъ условіяхъ.

**) Желѣзо, азотъ, фосфоръ занимаютъ особенное положеніе, такъ какъ, повидимому, они въ различныхъ своихъ соединеніяхъ обладаютъ различною валентностью. Я не вхожу въ дальнѣйшее разсмотрѣніе элементовъ съ большею атомностью, чѣмъ четыре, такъ какъ они не играютъ никакой роли въ соединеніяхъ, встрѣчающихся въ организмахъ. Серебро я поставилъ въ скобкахъ, хотя въ организмахъ оно обыкновенно не встрѣчается, только въ виду того, что оно было раньше упомянуто.

Подобнымъ же образомъ обозначаются соединенія трех-, четырех- или пятиатомныхъ элементовъ между собою или съ элементами другихъ рядовъ; съ примѣрами такихъ соединеній мы встрѣтимся ниже.

5. Углеводороды. Такъ какъ для нашихъ цѣлей особенно важно точное знакомство съ органическими, т. е. углеродистыми соединеніями, то мы нѣсколько подробнѣе разсмотримъ углеводородныя соединенія, исходя для этого изъ соединенія CH_4 метана или болотнаго газа. Мы можемъ метанъ изобразить слѣдующей формулой:



Если мы представимъ себѣ, что отъ этого болотнаго газа отнятъ одинъ атомъ водорода, то остается ненасыщенная группа CH_3, у которой одна валентность углерода свободна. Она относится совершенно какъ одноатомный элементъ, она можетъ присоединить къ себѣ одноатомный элементъ (или другую одноатомную группу), наприм., хлоръ, бромъ, іодъ. Отъ одноатомныхъ элементовъ атомная группа CH_3 отличается тѣмъ, что она сложна, т. е. состоитъ изъ атомовъ различныхъ элементовъ. Поэтому, въ отличіе отъ элементовъ, ее называютъ одноатомной группой или одно-атомнымъ радикаломъ; чтобы обозначить одноатомность, при формулѣ ставится черта, такимъ образомъ, пишутъ CH_3'. Радикалы въ изолированномъ состояніи существовать не могутъ, а только въ видѣ особенныхъ атомныхъ группъ, соединенныхъ съ другими атомными группами или съ отдѣльными элементами; изъ послѣдующихъ объясненій это будетъ яснѣе.

Радикалъ CH_3', называется метиломъ. Если онъ соединяется съ однимъ атомомъ одноатомнаго элемента, напримѣръ, хлоромъ, то возникаетъ (теперь снова насыщенное) соединеніе $CH_3—Cl$, хлористый метилъ или монохлоръ-метанъ *).

Если мы отнимемъ отъ метила CH_3' еще одинъ водородный атомъ, то образуется двуатомный радикалъ CH_2'' метиленъ, который, черезъ присоединеніе двухъ атомовъ хлора, превращается въ $CH_2=Cl_2$ метиленъ-хлоридъ или дихлоръ-метанъ. При потерѣ еще одного водороднаго атома возникаетъ изъ метилена трехатомная группа метенилъ CH''', которая, черезъ присоединеніе трехъ атомовъ хлора, превращается въ метенилъ-хлоридъ или трихлоръ-метанъ $CH\equiv Cl_3$. Это соединеніе извѣстно болѣе подъ именемъ хлороформа. Если отнять еще водородъ, то остается четырехатомный углеродистый атомъ C'''', который можетъ соединиться съ четырьмя атомами хлора, образуя $C\equiv Cl_4$ четырехъ-хлористый углеродъ.

Итакъ, мы познакомились съ слѣдующими соединеніями:

CH_4	CH_3Cl	CH_2Cl_2
метанъ	хлористый метилъ (монохлоръ-метанъ)	хлористый метиленъ (дихлоръ-метанъ)
	$CHCl_3$	CCl_4
	(хлористый-метенилъ) (трихлоръ-метанъ)	четырехъ-хлористый углеродъ.

Аналогичныя соединенія возникаютъ также между этими углеродистыми радикалами и другими одноатомными элементами, напримѣръ, іодомъ или бромомъ.

---

*) При этихъ и послѣдующихъ примѣрахъ мы оставляемъ въ сторонѣ, на сколько реакціи, взятыя для объясненія, могутъ, дѣйствительно, быть произведенными. Во многихъ случаяхъ это можетъ быть достигнуто только окольными путями, указывать ихъ для нашихъ цѣлей нѣтъ надобности.

Возвратимся къ одноатомному радикалу CH_3'. Двѣ подобныя атомныя группы могутъ соединиться другъ съ другомъ; въ такомъ случаѣ возникаетъ соединеніе

$$CH_3 — CH_3,$$

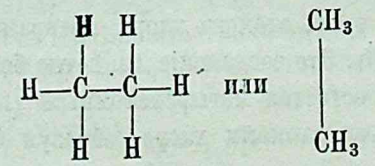
получившее названіе этана. Отнятіемъ одного водороднаго атома мы получаемъ одноатомную группу $CH_3—CH_2$ этилъ. Этилъ можетъ снова соединиться съ Cl, J или какимъ нибудь другимъ одноатомнымъ элементомъ. Но онъ можетъ также соединиться съ радикаломъ метила CH_3; такимъ образомъ, мы приходимъ къ соединенію $CH_3—CH_2—CH_3$, называемому пропаномъ. Отъ него отнятіемъ H производится одноатомная группа пропилъ $CH_3—CH_2—CH_2'$. Изъ нея, новымъ присоединеніемъ CH_3, образуется бутанъ $CH_3—CH_2—CH_2—CH_3$ и т. д.

Химики изучили большое *) число соединеній этого рода, могущихъ быть произведенными отъ метана. Они образуютъ послѣдовательный рядъ, въ которомъ каждое соединеніе отъ предшествующаго отличается большимъ содержаніемъ на 1C и 2H, какъ это видно изъ сопоставленія четырехъ первыхъ соединеній.

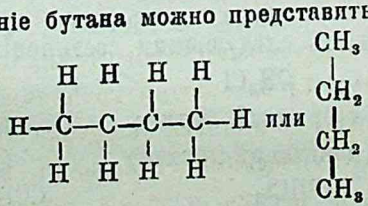
метанъ	$= CH_4$
этанъ (CH_3-CH_3)	$= C_2H_6$
пропанъ ($CH_3—CH_2-CH_3$)	$= C_3H_8$
бутанъ ($CH_3\ CH_2-CH_2—CH_3$)	$= C_4H_{10}$

6. Конституціонныя формулы. Только что приведенныя формулы CH_4, C_2H_6 и т. д. указываютъ лишь на то, сколько въ каждой молекулѣ соотвѣтственнаго тѣла находится атомовъ углерода и атомовъ водорода.

Вмѣстѣ съ тѣмъ эти формулы, какъ мы видѣли въ предшествующей главѣ, выражаютъ молекулярный вѣсъ соотвѣтственнаго соединенія. Онѣ правильны, если элементарный анализъ и опредѣленіе плотности пара **) даютъ результаты, согласные съ формулами. Если сопоставить формулы этана C_2H_6 и $CH_3—CH_3$, то, какъ видно, послѣдняя, хотя численно та же, говоритъ больше. Она заключаетъ въ себѣ указаніе, что молекула этана состоитъ изъ двухъ группъ CH_3', или иначе, что въ молекулѣ этана каждый углеродный атомъ связанъ съ тремя водородными атомами и что, вслѣдствіе четвертаго, остающагося еще свободнымъ у каждаго углероднаго атома сродства, эти группы связаны между собою. Еще яснѣе обнаруживается это, если молекулярныя свойства этана изобразить слѣдующимъ образомъ:



Такимъ же образомъ строеніе бутана можно представить такъ:



*) Извѣстны такого рода соединенія, которыя содержатъ до 30 и болѣе углеродныхъ атомовъ. Имена четырехъ, упомянутыхъ въ текстѣ, примыкаютъ къ извѣстнымъ уже раньше и находящимся съ ними въ извѣстныхъ отношеніяхъ тѣламъ. Соединеніе съ болѣе высокимъ содержаніемъ углерода, чѣмъ бутанъ, обозначаются греческими числительными, смотря по количеству атомовъ углерода, въ нихъ заключающихся, такъ напримѣръ, пентанъ, гексанъ и т. д. Такъ какъ они состоятъ только изъ углерода и водорода, то всѣ эти соединенія называются углеводородами ряда метана. Высшіе члены ряда, именно съ 16 и болѣе атомами углерода находятся въ парафинѣ, получаемомъ при перегонкѣ сырой нефти. Поэтому всѣ эти углеводороды называются также парафинами или углеводородами парафиноваго ряда.

**) Или какой-нибудь другой способъ, употребляемый для опредѣленія молекулярнаго вѣса, въ случаѣ, если данное тѣло не можетъ быть превращено въ газъ или паръ.

Это изображеніе показываетъ, что въ немъ двѣ метильныя группы (CH_3') соединены другъ съ другомъ при посредствѣ двухъ промежуточныхъ метиленовыхъ группъ $(CH_2)''$.

Такого рода формулы даютъ не только численныя отношенія атомовъ въ какой-нибудь молекулѣ, но онѣ содержатъ въ себѣ опредѣленныя указанія относительно расположенія атомовъ, относительно строенія или конституціи молекулъ. Поэтому ихъ называютъ структурными или конституціонными формулами; болѣе простыя формулы, не идущія дальше указаній на численныя отношенія атомовъ, называются эмпирическими. Послѣднія составляются на основаніи результатовъ элементарнаго анализа, если же къ этому присоединяется еще опредѣленіе молекулярнаго вѣса, то она превращается въ раціональную или, какъ мы раньше сказали, правильную. Конституціонныя формулы выводятся изъ предположенія о валентности атомовъ. Гипотетически установленныя формулы провѣряются изслѣдованіемъ веществъ, могущихъ быть полученными при разложеніи, замѣщеніи и синтезѣ.

Во многихъ случаяхъ оказались для этого полезными соединенія углеводородовъ съ хлоромъ, іодомъ и бромомъ. Если, напр., получить изъ метана іодистое соединеніе его CH_3J и дѣйствовать на него натріемъ, то получается этанъ и іодистый натрій. Реакція выражается формулой:

$$2CH_3J + 2Na = C_2H_6 + 2NaJ.$$

т. е. двѣ молекулы іодистаго метила и два атома натрія даютъ одну молекулу этана и 2 молекулы іодистаго натрія. Это можно выразить еще такъ: натрій дѣйствуетъ на іодистый метилъ, отнимая отъ него іодъ, чтобы образовать іодистый натрій; двѣ метиловыя группы, остающіяся свободными, соединяются другъ съ другомъ, образуя этанъ. Если это справедливо, то тогда слѣдуетъ, что этанъ состоитъ изъ двухъ метиловыхъ группъ. Это положеніе подтверждается тѣмъ, что одна молекула этана при соотвѣтственныхъ условіяхъ въ состояніи вновь образовать 2 молекулы іодистаго метила.

То же самое получается и при слѣдующихъ членахъ гомологическаго ряда углеводородовъ. Изъ іодистыхъ этила и метила образуется дѣйствіемъ натрія пропанъ; изъ іодистыхъ пропила и метила-бутанъ и т. д. Однимъ словомъ, всѣ изслѣдованія говорятъ за справедливость вышеприведеннаго ученія о строеніи углеводородовъ.

7. Спирты или алкоголи. Изъ каждаго тѣла метанового ряда можно произвести большое количество тѣлъ другого состава. Мы остановимся только на такихъ, которыя или встрѣчаются въ живыхъ тѣлахъ или помогутъ намъ въ лучшемъ пониманіи построенія животнаго организма.

Если мы представимъ себѣ, что отъ соединенія H—O—H (вода) отнятъ одинъ H, то получимъ одноатомную группу O—H′—гидроксилъ. Мы могли бы указать на нее еще раньше, когда говорили о гидратахъ окисей, такъ какъ гидратъ окиси натрія NaOH есть ни что иное, какъ соединеніе одноатомнаго элемента Na′ съ такою же одноатомною, или, какъ говорятъ, съ обладающею одною единицею сродства, группою—гидроксиломъ O—H′.

Точно такъ же, какъ съ одноатомными элементами, эта группа можетъ образовать химическія соединенія и съ другими одноатомными группами.

Такимъ образомъ, гидроксилъ, соединяясь съ радикалами ряда метана, образуетъ тѣла, которыя обладаютъ извѣстными химическими свойствами, благодаря присутствію въ нихъ гидроксильной группы. Тѣла эти носятъ названіе спиртовъ или алкоголей, благодаря старому названію, которое дано было одному изъ этихъ тѣлъ. Каждому тѣлу изъ ряда метана соотвѣтствуетъ одинъ алкоголь (или, на основаніяхъ, которыя сейчасъ изложимъ, больше, чѣмъ одинъ).

Углеводороды	Соотвѣтствующіе спирты
CH_4	CH_3OH
метанъ	метиловый алкоголь
$CH_3—CH_3$	$CH_3—CH_2OH$
этанъ	этиловый алкоголь

$CH_3—CH_2—CH_3$ — пропанъ

$CH_3—CH_2—CH_2—CH_3$ — бутанъ

и т. д.

$CH_3—CH_2—CH_2OH$ — пропиловый алкоголь

$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2OH$ — бутиловый алкоголь

и т. д.

Пропиловый алкоголь получается введеніемъ гидроксила въ одну изъ метиловыхъ группъ пропана.

Изъ $CH_3—CH_2—CH_3$

образуется $CH_3—CH_2—CH_2OH$.

Обѣ метиловыя группы пропана симметричны относительно связывающей ихъ метиленовой группы CH_2. Мы можемъ считать ихъ за однородные члены всего атомнаго комплекса. Будетъ безразлично, если мы напишемъ формулу пропиловаго алкоголя такъ:

$CH_2OH—CH_2—CH_3$.

Но получимъ нѣчто, совершенно другое, если поставимъ гидроксилъ OH на мѣсто H не въ метиловой группѣ, но въ связывающей ихъ метиленовой. Эти оба положенія гидроксила можно изобразить слѣдующими формулами.

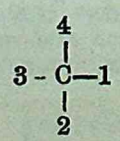
(1) $CH_3—CH_2—CH_2OH$ и (2) $CH_3—CHOH—CH_3$

Итакъ, такія два соединенія построены различнымъ образомъ; ихъ конституція различна, хотя они содержатъ по одинаковому числу атомовъ углерода, водорода и кислорода. Эмпирическая формула для обоихъ будетъ C_3H_8O. Конституціонныя же формулы совершенно различны.

Въ дѣйствительности, существуютъ два спирта, которые отвѣчаютъ вышеприведенной эмпирической формулѣ, имѣютъ одинаковый молекулярный вѣсъ и тѣмъ не менѣе различны въ своихъ физическихъ свойствахъ и реакціяхъ. Одинъ кипитъ при 97,4°, другой при 85°. Подъ вліяніемъ однихъ и тѣхъ же агентовъ они даютъ различныя образованія. Химики назвали тотъ, который соотвѣтствуетъ формулѣ $CH_3—CH_2—CH_2OH$, —нормальнымъ пропиловымъ спиртомъ, тотъ же, котораго формула $CH_3—\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}—CH_3$ —вторичнымъ или изопропиловымъ спиртомъ.

Тѣла, которыя при одинаковомъ атомномъ составѣ, обладаютъ различными свойствами, вслѣдствіе различнаго размѣщенія атомныхъ группъ, называются изомерными. Въ соединеніяхъ, получаемыхъ изъ метана и этана, путемъ простого замѣщенія, не существуетъ изомеріи, но она имѣется во всѣхъ углеводородахъ, которые заключаютъ больше, чѣмъ два атома углерода *).

*) Тотъ фактъ, что не существуетъ изомеріи для соединеній, получаемыхъ изъ метана CH_4 черезъ замѣщеніе одного изъ водородовъ другимъ одноатомнымъ элементомъ или одноатомною же группою, доказываетъ, что четыре единицы сродства углероднаго атома тождественны. Обозначимъ эти единицы сродства числами 1, 2, 3, 4; если бы одна изъ нихъ, напр. 4, имѣла другую химическую



Всѣ спирты, производимые отъ углеводородовъ, обладаютъ цѣлымъ рядомъ общихъ свойствъ. При дѣйствіи на нихъ HCl, HJ или подобныхъ водородныхъ соединеній, хлоръ (или J) вступаетъ въ углеродное соединеніе причемъ образуется вода, напр. $CH_3OH + HCl = CH_3Cl + H_2O$. Калій или натрій дѣйствуютъ на алкоголь такимъ образомъ, что металлъ становится на мѣсто H въ гидроксилѣ и водородъ выдѣляется (въ формѣ газа):

$$CH_3OH + Na = CH_3ONa + H.$$

Въ первомъ случаѣ алкоголь играетъ роль гидрата окиси, во второмъ кислоты. Тѣмъ не менѣе мы не можемъ его считать ни основаніемъ, ни кислотою: онъ не имѣетъ ни кислой, ни щелочной реакціи и образовавшіяся изъ него соединенія съ хлоромъ или натріемъ не имѣютъ характера солей. Послѣднія изъ нихъ называются *алкоголятами* соотвѣтственныхъ металловъ. Изъ того обстоятельства, что H—атомъ, связанный съ O, легко замѣщается щелочнымъ металломъ, слѣдуетъ, что особенное положеніе этого H—атома, его принадлежность къ гидроксильной группѣ, обусловливаетъ его химическій характеръ. Благодаря гидроксилу, спирты обладаютъ свойствомъ вступать въ соединенія съ элементами или съ группами атомовъ; въ послѣднемъ случаѣ получаются новыя, болѣе сложныя соединенія.

Этиловый спиртъ $CH_3—CH_2OH$ состоитъ изъ двухъ метиловыхъ группъ, причемъ въ одной изъ нихъ H замѣщенъ гидроксиломъ.

Если и въ другой метиловой группѣ замѣстить H гидроксиломъ, то получается спиртъ состава.

$$\begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ CH_2OH \end{array}$$

Точно также изъ пропана $CH_3—CH_2—CH_3$ можемъ произвести спиртъ съ тремя гидроксилами.

$$\begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{array}$$

Это послѣднее соединеніе извѣстно подъ названіемъ *глицерина*. Алкоголи съ большимъ количествомъ гидроксиловъ, чѣмъ одинъ, называются *многоатомными*. Глицеринъ представляетъ собою *трехъатомный спиртъ*.

8. Альдегиды, кетоны. При введеніи въ метанъ двухъ гидроксильныхъ группъ, мы должны были бы получить тѣло состава: $H_2=C<^{OH}_{OH}$. Но такіе два рядомъ стоящіе гидроксила непостоянны; одинъ изъ нихъ соединяется съ H другого, при чемъ образуется вода, и остается тѣло состава: $H_2=C=O$ или $H—C<^{H}_{O}$. Это тѣло называется *формальдегидомъ*. Оно отличается отъ метиловаго алкоголя $H_3=C—OH$ тѣмъ, что имѣетъ двумя атомами H меньше и что атомъ O связанъ съ C двойною связью. Такимъ же самымъ образомъ производятся альдегиды отъ этана и остальныхъ углеводородовъ.

природу, чѣмъ три остальныя, тогда могли бы существовать два различныя монохлорзамѣщенныя соединенія или два различные спирта:

$$\begin{array}{l} Cl \\ | \\ H—C—H \\ | \\ H \end{array} \quad \text{и} \quad \begin{array}{l} H \\ | \\ H—C—Cl \\ | \\ H \end{array}$$

Но на самомъ дѣлѣ ничего подобнаго не получается, и это доказываетъ, что четыре единицы сродства углероднаго атома не могутъ быть различны. Точно также не можетъ быть никакого различія въ этанѣ $CH_3—CH_3$, котораго обѣ метиловыя группы построены совершенно одинаково. Возможность изомеріи, т. е. различія свойствъ при одинаковомъ числѣ отдѣльныхъ атомовъ начинается только при пропанѣ, который заключаетъ двѣ метиловыя и одну метиленовую группы.

Изъ $CH_3 . CH_3$ $CH_3 . C\lessdot^{H}_{O}$ этилъ-альдегидъ.

Изъ $CH_3 . CH_2 . CH_3$ $CH_3\ CH_2 . C\lessdot^{H}_{O}$ пропилъ-альдегидъ и т. д.

Какъ слѣдуетъ изъ этихъ формулъ, всѣ альдегиды характеризуются одноатомной группой—$C\lessdot^{H}_{O}$ или $(CHO)'$—альдегидной группой; она то и обусловливаетъ въ альдегидахъ ихъ большую способность входить въ химическія реакціи. Мы еще впослѣдствіи вернемся къ нѣкоторымъ важнымъ для насъ альдегидамъ, принадлежащимъ къ различнымъ видамъ сахара.

Нѣкоторое сходство съ альдегидами, какъ по ихъ образованію, такъ и по реакціямъ обнаруживаютъ такъ называемые кетоны. Это тѣла, которыя заключаютъ группу—CO—, какъ связующее звено между двумя одноатомными органическими группами. Самый простой кетонъ состоитъ изъ кетоновой группы—CO—и двухъ метиловыхъ группъ, представляясь въ видѣ $CH_3—CO—CH_3$. Этотъ диметилъкетонъ или ацетонъ, какъ его обыкновенно называютъ, находится въ нѣкоторыхъ патологическихъ случаяхъ въ человѣческомъ организмѣ. Съ другими соединеніями кетоноваго характера мы познакомимся при углеводахъ.

9. Кислоты. Если ввести въ метанъ три гидроксила, то получается тѣло состава

$$H—C\lessdot^{OH}_{OH}_{OH}.$$

Изъ него также выдѣляется вода и остается тѣло $H—C\lessdot^{OH}_{O}$.

Оно обладаетъ всѣми свойствами кислоты; это такъ называемая муравьиная кислота, потому что впервые была найдена въ муравьяхъ. Точно также отъ этана мы переходимъ къ уксусной кислотѣ $CH_3—COOH$, отъ пропана къ пропіоновой $CH_3—CH_2—COOH$; отъ бутана къ масляной кислотѣ $CH_3—CH_2—CH_2—COOH$.

Каждому изъ первыхъ трехъ углеводородовъ соотвѣтствуетъ одна кислота; отъ бутана производятся двѣ изомерныя масляныя кислоты; при высшихъ углеводородахъ количество изомерныхъ кислотъ еще больше.

Всѣ тѣла этого состава обладаютъ тѣми же свойствами, которыми мы раньше характеризовали кислоты, а именно, они имѣютъ кислую реакцію и водородный атомъ гидроксила легко замѣщается металломъ, съ образованіемъ солей.

Важнѣйшія кислоты этого ряда слѣдующія:

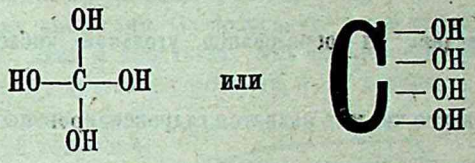
Муравьиная		H	COOH
Уксусная	C	H_3	COOH
Пропіоновая	C_2	H_5	COOH
Масляная	C_3	H_7	COOH
Капроновая	C_5	H_{11}	COOH
Каприловая	C_7	H_{15}	COOH
Каприновая	C_9	H_{19}	COOH
Миристиновая	C_{13}	H_{27}	COOH
Пальмитиновая	C_{15}	H_{31}	COOH
Маргариновая [1])	C_{16}	H_{33}	COOH
Стеариновая	C_{17}	H_{35}	COOH

Всѣ эти кислоты заключаютъ группу атомовъ COOH, которая называется карбоксиломъ. Въ свободномъ состояніи въ животномъ организмѣ онѣ встрѣчаются рѣдко и только въ небольшихъ количествахъ и притомъ будучи связанными со щелочами; въ большомъ, напротивъ, количествѣ въ соединеніи съ глицериномъ (см. § 7), въ видѣ такъ называемыхъ

[1]) * Маргариновая к. представляетъ смѣсь пальмитиновой и стеариновой. *

нейтральныхъ жировъ, о строеніи которыхъ мы будемъ говорить еще впослѣдствіи. Поэтому эти кислоты носятъ названіе жирныхъ кислотъ. Болѣе высокіе т. е. болѣе богатые углеродомъ члены этого ряда кислотъ, начиная съ каприновой, представляютъ собою тѣла твердыя, способныя образовать кристаллы, нерастворимыя въ водѣ. Со щелочами образуютъ растворимыя соли, называемыя мылами.

Представимъ себѣ теперь, что мы можемъ въ метанѣ CH_4 всѣ четыре водородные атома замѣстить гидроксилами. Тогда получилось бы тѣло строенія



Такъ какъ два сосѣдніе гидроксила реагируютъ между собою, то образуются двѣ молекулы воды и остается тѣло состава O=C=O, которое мы уже знаемъ, какъ двуокись углерода (CO_2), оно называется также ангидридомъ угольной кислоты или неправильно угольной кислотой. Если бы наше вышенаписанное, гипотетическое тѣло потеряло только одну частицу воды, то оно получило бы видъ $O=C<^{OH}_{OH}$ или $CO(OH)_2$; въ немъ два гидроксила соединены съ группою C=O. Это собственно настоящая угольная кислота; такъ какъ она содержитъ два гидроксила, то можетъ связать два атома одноатомнаго или одинъ атомъ двуатомнаго металла. Она можетъ образовать слѣдующія соли или карбонаты съ одноатомнымъ натріемъ или двуатомнымъ кальціемъ:

CO^{OH}_{ONa} или $NaHCO_3$ кислый углекислый натрій,

CO^{ONa}_{ONa} или Na_2CO_3 нейтральный углекислый натрій,

$CO^{O}_{O}\}Ca$ или $CaCO_3$ углекислый кальцій.

Всѣ три встрѣчаются въ живыхъ тѣлахъ; кромѣ того, углекислый калій (какъ кислый, такъ и нейтральный) и углекислый магній.

Угольная кислота называется двуосновною кислотою, такъ какъ заключаетъ два одинаково связанныхъ гидроксила, которыхъ водородные атомы могутъ быть замѣщены металломъ. Точно также существуютъ другія неорганическія и органическія кислоты, которыя заключаютъ въ своей молекулѣ два или больше одинаково связанныхъ гидроксила. Изъ неорганическихъ упомянемъ о двуосновной сѣрной кислотѣ $SO_2{}^{OH}_{OH}$ и трехъосновной фосфорной $PO{}^{OH}_{OH}{}_{OH}$, которыхъ соли съ каліемъ, натріемъ, кальціемъ и аммоніемъ (смотри § 16) часто встрѣчаются въ животномъ мірѣ. Свободная сѣрная кислота (вмѣстѣ съ соляною) была найдена въ слюнѣ моллюска *Dolium galea*.

Одноосновныя жирныя кислоты мы производили отъ углеводородовъ, замѣняя одинъ изъ метиловъ карбоксиломъ. Такимъ образомъ, изъ этана CH_3-CH_3 была получена уксусная кислота CH_3-COOH. Если подобную замѣну сдѣлаемъ и со второй метиловой группой, то получимъ изъ CH_3-COOH — двуосновную кислоту $COOH-COOH$. Это очень распространенная въ мірѣ растеній щавелевая кислота, добытая впервые изъ различныхъ видовъ кислицы (щавеля). Она находится также въ мочѣ человѣка въ формѣ кальціевой соли. Кислота эта представляетъ собою самый простой типъ органической двуосновной кислоты, такъ какъ состоитъ только изъ двухъ карбоксильныхъ группъ, связанныхъ другъ съ другомъ. Ея кислая каліевая соль, встрѣчающаяся въ листьяхъ кислицы (*Oxalis*), имѣетъ формулу $COOK{}_{COOH}$, нейтральная кальціевая соль представляется формулой $COO{}_{COO}>Ca$.

Такимъ же самымъ образомъ, какимъ отъ этана мы перешли къ щавелевой кислотѣ, мы можемъ, исходя изъ другихъ углеводородовъ, перейти къ другимъ двуосновнымъ кислотамъ, напр., изъ бутана $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$ къ янтарной кислотѣ: $COOH-CH_2-CH_2-COOH$, встрѣчающейся въ янтарѣ, а также въ животныхъ тканяхъ и сокахъ.

Извѣстны также трехъосновныя кислоты, а также съ еще большимъ числомъ карбоксильныхъ группъ; къ трехъосновнымъ принадлежитъ лимонная кислота.

Новый, какъ теоретически, такъ и практически важный рядъ кислотъ производится отъ одно- и многоосновныхъ жирныхъ кислотъ, путемъ замѣны въ нихъ одного или нѣсколькихъ водородныхъ атомовъ углеводороднаго радикала гидроксиломъ. При муравьиной кислотѣ этотъ процессъ ведетъ къ образованію угольной кислоты: изъ $CO<_{OH}^{H}$ получается $CO<_{OH}^{OH}$. Такъ что угольная кислота является гидроксилированною муравьиною кислотою. Остальныя жирныя кислоты подобнымъ образомъ даютъ цѣлый рядъ гидроксилированныхъ жирныхъ кислотъ или короче жирныхъ оксикислотъ.

Изъ CH_3-COOH получается $CH_2(OH)-COOH$, оксиуксусная кислота. Изъ CH_3-CH_2-COOH получается или $CH_3-CH(OH)-COOH$—α—оксипропіоновая или $CH_2(OH)-CH_2-COOH$—β—оксипропіоновая кислота.

Какъ видно изъ вышенаписанныхъ формулъ отъ пропіоновой кислоты производятся двѣ изомерныя оксикислоты, отличающіяся другъ отъ друга положеніемъ гидроксила въ углеродномъ ядрѣ. Это такъ называемыя молочныя кислоты; α—кислота образуется при закисаніи молока, при молочномъ броженіи нѣкоторыхъ видовъ сахара, почти всегда находится въ желудкѣ человѣка, какъ молочная кислота броженія, β-кислота представляетъ такъ называемую этиленъ—молочную кислоту.

Очевидно, что чѣмъ больше углеродное ядро какой нибудь жирной кислоты, тѣмъ больше и соотвѣтственныхъ ей оксикислотъ.

10. Изомерія винныхъ и молочныхъ кислотъ. Если въ органическую кислоту вступаютъ на мѣсто H двѣ или больше гидроксильныхъ группъ, то получаются ди-три и т. д. оксикислоты. Изъ нихъ приведемъ для примѣра винную кислоту.

Если въ вышеупомянутой янтарной кислотѣ

$$\begin{array}{l} CH_2—COOH \\ | \\ CH_2—COOH \end{array}$$

замѣстимъ два симметричныхъ водорода черезъ OH, то получимъ симметричную диоксиянтарную кислоту

$$\begin{array}{l} CH(OH)—COOH \\ | \\ CH(OH)—COOH \end{array}$$

Это соединеніе, называемое винною кислотою, мы должны разсмотрѣть подробнѣе, не только потому, что оно встрѣчается очень часто въ мірѣ растеній, но особенно потому, что оно играетъ выдающуюся роль въ развитіи нашихъ воззрѣній на строеніе многихъ тѣлъ, важныхъ въ физіологическомъ отношеніи.

Изъ виннаго камня (*Cremor tartari*), кислой каліевой соли винной кислоты, медленно осаждающейся въ бочкахъ съ виномъ въ формѣ корокъ или зернистаго осадка, получилъ впервые свободную винную кислоту шведскій химикъ Шеле (Scheele, 1769). Спустя 60 лѣтъ послѣ этого Берцеліусъ доказалъ, что виноградная кислота, находящаяся также въ винномъ камнѣ и получаемая, какъ побочный продуктъ при добываніи винной кислоты, имѣетъ тотъ же самый составъ, что и винная кислота; это привело его къ понятію объ изомеріи. Въ своихъ реакціяхъ обѣ кислоты мало отличались другъ отъ друга; но ихъ оптическія свойства оказались различными: винная кислота вращала плоскость поляризаціи вправо, виноградная оказалась недѣятельною. Полное объясненіе этому факту далъ Пастеръ въ своемъ изслѣдованіи, вскорѣ получившемъ громадную извѣстность. Онъ замѣтилъ что при кристаллизаціи раствора виноградноклслаго натрія-аммонія, между кристаллами наблюдается одно опредѣленное различіе; при полномъ

тожествѣ формы одни кристаллы имѣютъ нѣкоторыя плоскости, такъ называемыя геміэдрическія, расположенныя съ правой, другіе съ лѣвой стороны (рис. 27).

Такимъ образомъ обѣ кристаллическія формы не совпадаютъ, онѣ не могутъ быть наложены другъ на друга; имѣющія геміэдрическія плоскости съ правой стороны относятся къ другимъ, у которыхъ тѣ же плоскости съ лѣвой, какъ предметъ къ своему зеркальному изображенію, какъ правая перчатка къ лѣвой. Пастеръ отдѣлилъ механически правые кристаллы отъ лѣвыхъ, такъ назовемъ ихъ ради краткости, и получилъ соотвѣтствующія имъ кислоты. Изъ правыхъ кристалловъ получилась извѣстная, обыкновенная винная кислота, изъ лѣвыхъ новая кислота, которая не отличалась отъ предыдущей по своему составу и по своимъ свойствамъ, но вращала плоскость поляризаціи настолько же влѣво, насколько первая вправо. Пастеръ назвалъ ихъ правой и лѣвой винными кислотами. Оказалось, что и ихъ кристаллическія формы находятся въ такомъ же соотношеніи, какъ и кристаллы ихъ натріево-аммоніевой соли, т. е. одна является зеркальнымъ изображеніемъ другой. Кромѣ того, было доказано, что оптически недѣятельная виноградная кислота состоитъ изъ двухъ оптически дѣятельныхъ компонентовъ, одного вращающаго вправо, другого влѣво. Это было подкрѣплено еще тѣмъ обстоятельствомъ, что изъ раствора одинаковыхъ количествъ правой и лѣвой винныхъ кислотъ получались кристаллы недѣятельной виноградной кислоты.

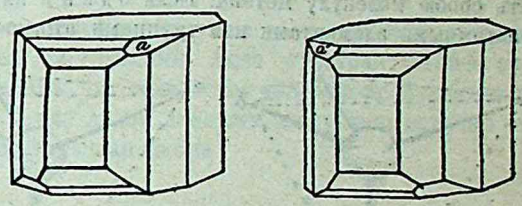


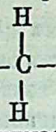
Рис. 27.
Кристаллы изъ раствора винограднокислаго натріяаммонія.
Плоскости кристалловъ a и a' асимметричны; онѣ относятся другъ къ другу, какъ предметъ къ своему зеркальному изображенію. Одинъ изъ кристалловъ вращаетъ плоскость поляризаціи вправо, другой влѣво.

Къ этимъ тремъ видамъ діоксиянтарной кислоты присоединяется еще четвертый. Соотвѣтственнымъ нагрѣваніемъ правую винную кислоту можно перевести въ оптически недѣятельную, въ такъ называемую мезовинную кислоту, которая отличается отъ виноградной тѣмъ, что уже не разлагается на оптически противоположные компоненты.

Итакъ, существуютъ четыре изомера состава $C_4H_6O_6$; но эти четыре кислоты не только изомерны, но имѣютъ одинаковое строеніе, связи между атомами C, H и O однѣ и тѣ же у всѣхъ; всѣ онѣ представляютъ собою діоксиянтарную кислоту. Формулы строенія не объясняютъ этой особаго рода изомеріи ни для винныхъ кислотъ, ни для другихъ аналогичныхъ случаевъ. Мы упомянули выше (стр. 132) о двухъ молочныхъ кислотахъ; ихъ различіе основывается, какъ было сказано, на различномъ положеніи гидроксиловъ. Но, кромѣ того, намъ извѣстна еще третья молочная кислота, находящаяся въ мясномъ сокѣ мясомолочная или парамолочная кислота; мы должны ее считать равно какъ и бродильно-молочную кислоту за α—оксипропіоновую кислоту. Но въ противоположность бродильно-молочной, которая оптически недѣятельна, мясомолочная кислота вращаетъ плоскость поляризаціи вправо, точно также и соли этихъ кислотъ не вполнѣ одинаковы; итакъ, мы еще имѣемъ одинъ примѣръ, что изомерныя тѣла при одинаковомъ строеніи не тожественны. Такіе случаи изомеріи наблюдаются часто во многихъ соединеніяхъ, находимыхъ въ животномъ и растительномъ организмахъ. Спрашивается, какъ объяснить эти явленія.

11. Асимметрія углероднаго атома. Итакъ, подобныя изомерныя соединенія, какъ сказано, одинаково построены, но различны по своимъ физическимъ свойствамъ. Они могутъ представлять очень большое различіе въ своемъ составѣ и въ своихъ химическихъ свойствахъ, но они всегда содержатъ углеродъ. Поэтому такого рода изомерію слѣдуетъ поставить въ зависимость отъ свойствъ этого элемента. Задачу эту почти одновременно и независимо другъ отъ друга постарались разрѣшить Лебель и Фантъ-Гоффъ посредствомъ гипотезы объ асимметріи углероднаго атома (1874). Воззрѣнія, которыя развились вначалѣ на основаніи небольшого фактическаго матеріала, были подвергнуты болѣе широкой и тщательной разработкѣ и подтверждены новыми доказательствами, такъ что теперь ученіе Лебеля и Фантъ-Гоффа представляетъ собою одну изъ самыхъ обоснованныхъ теорій общей химіи.

Изслѣдованія надъ углеводородами и продуктами ихъ замѣщенія доказываютъ, что не существуетъ никакой разницы между четырьмя единицами сродства углероднаго атома. (Срав. примѣчаніе

на стр. 128). Изъ этого слѣдуетъ, что онѣ должны быть одинаковымъ образомъ расположены въ пространствѣ. Въ выше приведенномъ плоскостномъ изображеніи молекулы метана  это обстоятельство не принимается въ соображеніе; такъ что при разсматриваніи занимаемаго насъ вопроса, мы не можемъ пользоваться этимъ изображеніемъ. Одинаково расположенныя въ пространствѣ направленія четырехъ силъ любого характера, исходящія изъ одной точки, могутъ быть представлены только единственнымъ образомъ. Это расположеніе угловъ правильнаго тетраэдра. Углеродный атомъ мы можемъ себѣ представить въ формѣ шара, котораго центръ совпадаетъ съ центромъ тяжести правильнаго тетраэдра 1, 2, 3, 4 (рис. 28). Тогда направленія дѣйствія четырехъ единицъ химическаго сродства представятся линіями, соединяющими углеродный атомъ съ углами тетраэдра.

Если въ углахъ 1, 2, 3 и 4 расположены атомы водорода, тогда тетраэдръ изображаетъ собою молекулу метана. Если одинъ или два водородныхъ атома замѣщены другими одноатомными элементами или группами атомовъ, пространственное изображеніе остается постоянно однозначущимъ, т. е. замѣщеніе приводитъ только къ одной новой молекулѣ. Но если во всѣхъ четырехъ углахъ тетраэдра находятся различные атомы или группы атомовъ, тогда могутъ получиться два различныя пространственныя изображенія, которыя уже не идентичны и соотвѣтствуютъ двумъ различнымъ молекуламъ. На рис. 28 I и II углы 1, 2, 3 и 4 такъ расположены, что тетраэдры не могутъ быть наложены другъ на друга; рис. I есть зеркальное изображеніе II и наоборотъ. Различіе это можно тоже выразить такимъ образомъ: если будемъ двигаться отъ 1 черезъ 2 и 3, то будемъ слѣдовать на рис. I движенію часовой стрѣлки; на рис, II обратно этому движенію; на рис. I движеніе вращательное направо, на рис. II налѣво. Представимъ себѣ теперь, при диоксиянтарной кислотѣ расположеніе группъ H, OH, COOH и CH(OH).COOH въ одномъ случаѣ сообразно рис. I, во второмъ—рис. II; тогда мы получаемъ пространственное изображеніе для молекулъ правой и лѣвой винныхъ кислотъ.

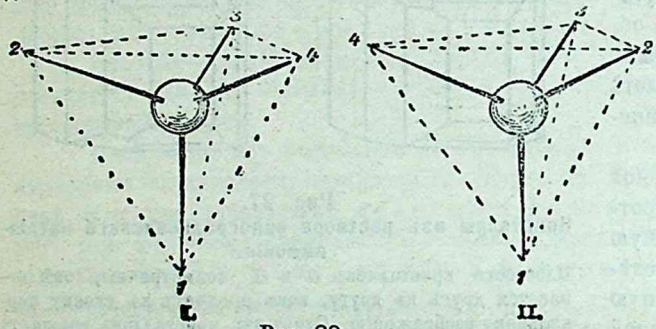


Рис. 28.
Асимметрія углероднаго атома.
Углеродный атомъ изображенъ въ видѣ шара, центръ котораго совпадаетъ съ центромъ тяжести правильнаго тетраэдра. Если всѣ четыре угла связаны съ одинаковыми атомами или атомными группами, тогда безразлично, какъ представить себѣ данное химическое соединеніе въ формѣ I или II. Но если въ углахъ 2, 3 и 4 находятся различные атомы или атомныя группы, тогда обнаруживается разница между расположеніями I или II. Передвигаясь отъ угла 1, черезъ 2 и 3 къ 4 мы въ первомъ случаѣ совершаемъ движеніе въ сторону часовой стрѣлки, во второмъ въ сторону обратную.

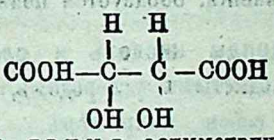
При всѣхъ органическихъ соединеніяхъ, заключающихъ, по крайней мѣрѣ, одинъ атомъ углерода, связанный съ четырьмя различными атомами или группами атомовъ, возможна изомерія такого рода.

Такой углеродный атомъ называется асимметричнымъ *), и соединенія, изомерія которыхъ происходитъ только вслѣдствіе неодинаковаго пространственнаго расположенія атомовъ и атомныхъ группъ, носятъ названіе стереоизомерныхъ. Если молекула заключаетъ больше, чѣмъ одинъ асимметричный углеродъ, тогда, конечно, можетъ существовать еще большее число стереоизомерныхъ формъ.

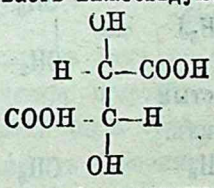
Несомнѣнно, что съ асимметріей углерода связана оптическая способность органическихъ веществъ вращать плоскость поляризаціи. Хотя извѣстны соединенія, которыя содержатъ асим-

*) Въ сущности асимметриченъ не углеродный атомъ, но группировка связанныхъ съ нимъ атомовъ или атомныхъ группъ производитъ асимметрію. Но ради краткости принято употребляемое въ текстѣ выраженіе.

метрическій углеродъ, и, все-таки, остаются оптически недѣятельными, но не существуетъ ни одного, оптически дѣятельнаго органическаго вещества, въ которомъ бы отсутствовалъ этотъ углеродъ. Большая часть весьма важныхъ составныхъ частей животнаго и растительнаго организма, какъ напр., протеиновыя тѣла и углеводы, вращаетъ плоскость поляризаціи, изъ чего мы заключаемъ, что тѣла, которыхъ строеніе намъ ближе неизвѣстно (бѣлки), содержатъ также асимметричный углеродъ. Какъ было упомянуто выше, существуютъ двѣ оптически недѣятельныя винныя кислоты, виноградная и мезовинная. Отсутствіе вращательныхъ способностей у первой объясняется тѣмъ, что она представляетъ собою смѣсь равныхъ частей правой и лѣвой винныхъ кислотъ, оптическое вращеніе которыхъ взаимно уничтожается. Недѣятельность мезовинной кислоты, которая неразложима, объясняется пространственнымъ строеніемъ ея молекулы. При молекулѣ винной кислоты

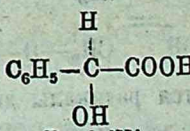


имѣется дѣло не съ однимъ, но съ двумя асимметричными углеродами, единицы сродства которыхъ насыщены соотвѣтственно одними и тѣми же группами. Если пространственное расположеніе вокругъ обоихъ углеродныхъ атомовъ таково, что оптическое дѣйствіе проявляется въ одномъ направленіи, то мы имѣемъ дѣло съ правой или лѣвой винными кислотами; если же это расположеніе неодинаково, какъ показываетъ нижеслѣдующая схема



тогда дѣйствіе на поляризованный свѣтъ взаимно уничтожается: поэтому-то мезовинная кислота оказывается недѣятельной.

Итакъ, мы можемъ формулировать слѣдующее: оптическая недѣятельность зависитъ или отъ того, что данное вещество представляетъ собою смѣсь одинаковыхъ количествъ право и лѣво вращающихъ молекулъ «оптическихъ антиподовъ» или отъ того, что уже въ самой молекулѣ уничтожаются вращательныя способности асимметричнымъ расположеніемъ. Если желательно рѣшить вопросъ съ какимъ изъ этихъ двухъ случаевъ мы имѣемъ дѣло, нужно попытаться данное оптически недѣятельное вещество разложить на оптически дѣятельные компоненты. Пастеръ раздѣлилъ виноградную кислоту (см. стр. 133) посредствомъ кристаллизаціи ея натріево-амміачной соли; при другихъ недѣятельныхъ кислотахъ съ асимметричнымъ углеродомъ оказались полезными для этой цѣли соединенія ихъ со стрихниномъ и подобными тѣлами. Но особенно интереснымъ въ физіологическомъ отношеніи представляется достиженіе этого раздѣленія съ помощью нѣкоторыхъ грибковъ. Если въ растворѣ предназначеннаго для раздѣленія вещества посѣять нѣкоторые грибки-дробянки (схизомицеты) или сумчатые (аскомицеты), то они разрушаютъ одинъ изъ оптически дѣятельныхъ компонентовъ, они его въ нѣкоторомъ смыслѣ поѣдаютъ; недѣятельный первоначально растворъ дѣлается дѣятельнымъ и изъ него возможно получить неразрушенный компонентъ. Такимъ образомъ недѣятельная миндальная кислота



раздѣляется съ помощью сумчатаго грибка *Penicillium glaucum*; лѣвая разрушается, а правая остается безъ перемѣны. И обратно нѣкоторые схизомицеты, которые произростаютъ въ растворѣ недѣятельной миндальной кислоты, разрушаютъ правую и оставляютъ нетронутой лѣвую миндальную кислоту. Эти находки съ несомнѣнностью доказываютъ, что недѣятельная (искусственная) миндальная кислота *) состоитъ изъ двухъ оптически дѣятельныхъ стереоизомерныхъ компонентовъ.

Возвратимся еще разъ къ упомянутой уже, но еще не вполнѣ выясненной, изомеріи α-оксипропіоновой к. Двѣ кислоты со строеніемъ $CH_3.CH(OH).COOH$ были давно извѣстны, а именно недѣятельная молочная кислота броженія и право-вращающая мясомолочная. Теорія требовала

*) Естественная миндальная кислота вращаетъ влѣво.

еще третьей, стереоизомерной кислоты, которая вращала бы влѣво. И, на самомъ дѣлѣ, лѣвовращающая молочная кислота была найдена. Если получить стрихнинную соль недѣятельной кислоты, то удается разложить ее на двѣ оптически противоположныя, изъ которыхъ одна извѣстная мясомолочная кислота, другая же отыскиваемая лѣвовращающая, изомерная. Расщепленіе, при помощи грибковъ, можетъ быть также примѣнено съ успѣхомъ. *Penicillium glaucum*, посѣянный на обыкновенный молочнокислый аммоній, выдѣляетъ изъ него правовращающую (мясо-) молочную соль. Съ другой стороны удалось сахарные растворы, при помощи извѣстныхъ дробянокъ *), подвергнуть такому броженію, что при немъ прямо возникала лѣвовращающая молочная кислота. Если затѣмъ эту послѣднюю смѣшать съ равнымъ количествомъ мясо молочной кислоты, то, вслѣдствіе ихъ соединенія, образуется недѣятельная кислота.

12. **Эфиры алкиловъ, ангидриды кислотъ и сложные эфиры.** Если алкоголатъ какого-нибудь металла обработать іодистымъ углеродомъ, то образуется іодистый металлъ, а оба радикала соединяются между собою, напримѣръ:

$CH_3ONa + CH_3J = CH_3—O—CH_3 + NaJ$

метилъ-алкоголатъ натрія. іодистый метилъ. іодистый натрій.

$\begin{matrix}CH_3\\|\\CH_2ONa\end{matrix} + CH_3J = \begin{matrix}CH_3\\|\\CH_2—O—CH_3\end{matrix} + NaJ$

этилъ-алкоголатъ натрія. іодистый метилъ. іодистый натрій.

$\begin{matrix}CH_3\\|\\CH_2ONa\end{matrix} + \begin{matrix}CH_3\\|\\CH_2J\end{matrix} = \begin{matrix}CH_3 & CH_3\\|&|\\CH_2—O—&CH_2\end{matrix} + NaJ$

этилъ-алкоголатъ натрія. іодистый этилъ. іодистый натрій.

Какъ показываютъ примѣры, этимъ способомъ образуются новыя соединенія, въ которыхъ два одинаковые или разные спиртные радикалы соединяются при посредствѣ O. Образованіе такихъ соединеній можно вызвать также, приводя спирты въ соприкосновеніе съ тѣлами, жадно отнимающими воду. Въ такомъ случаѣ образованіе происходитъ, какъ показываютъ слѣдующія уравненія, съ выдѣленіемъ воды.

$CH_3OH + CH_3OH = CH_3—O—CH_3 + HOH$

$\begin{matrix}CH_3\\|\\CH_2OH\end{matrix} + CH_3OH = \begin{matrix}CH_3\\|\\CH_2—O—CH_3\end{matrix} + HOH$

$\begin{matrix}CH_3\\|\\CH_2OH\end{matrix} + \begin{matrix}CH_3\\|\\CH_2OH\end{matrix} = \begin{matrix}CH_3 & CH_3\\|&|\\CH_2—O—&CH_2\end{matrix} + HOH$

Въ первомъ примѣрѣ соединяются радикалы двухъ молекулъ метиловаго спирта съ выдѣленіемъ воды, образуя новое соединеніе $CH_3—O—CH_3$. Въ второмъ случаѣ это происходитъ между радикалами одной молекулы метиловаго и одной молекулы этиловаго спирта; въ третьемъ случаѣ между двумя молекулами этиловаго спирта. Процессъ, ведущій къ подобнымъ образованіямъ, называютъ ангидрированіемъ, а возникающія соединенія — ангидридами спиртовъ, эфирами спиртовъ или эфирами алкиловъ. Эфиры, образованные соединеніемъ двухъ одинаковыхъ спиртовыхъ радикаловъ, называются простыми, смѣшанными же тѣ, которые образуются изъ соединенія двухъ разныхъ радика-

*) Для этой цѣли пригодны извѣстные роды вибріоновъ, стоящіе близко къ холерному вибріону, а также бацилла (*Bacillus acidi laevolactici*), являющаяся, повидимому, специфическимъ возбудителемъ лѣвовращающаго молочнокислаго броженія.

ловъ. Самымъ извѣстнымъ соединеніемъ такого рода является этиловый эфиръ $C_2H_5—O—C_2H_5$, обыкновенно называемый просто эфиромъ и служащій часто для растворенія или для наркоза.

Такой же процессъ ангидрированія можетъ имѣть мѣсто и между двумя молекулами кислотъ; въ такомъ случаѣ образуются ангидриды кислотъ *). Уравненіе:

$$CH_3COOH + CH_3COOH = CH_3CO—O—COCH_3 + HOH$$

наглядно показываетъ образованіе одной молекулы уксуснокислаго ангидрида изъ двухъ молекулъ уксусной кислоты съ выдѣленіемъ воды.

Если процессъ ангидрированія происходитъ между спиртовыми и кислотными радикалами, то образуются тѣла, называемыя кислотными эфирами или сложными эфирами напримѣръ:

$$\underset{\text{уксусн. кисл.}}{CH_3COOH} + \underset{\substack{\text{метиловый}\\ \text{спиртъ.}}}{CH_3OH} = \underset{\substack{\text{метиловый эфиръ}\\ \text{уксусной кислоты.}}}{CH_3CO—O—CH_3} + HOH$$

$$\underset{\text{уксусн. кисл.}}{CH_3COOH} + \underset{\substack{\text{этиловый}\\ \text{спиртъ.}}}{CH_3.CH_2.OH} = \underset{\substack{\text{этиловый эфиръ уксусной кисл. (уксусный эфиръ).}}}{CH_3CO—O—CH_2.CH_3} + HOH$$

Эти соединенія спиртовъ происходятъ какъ съ неорганическими, такъ и органическими кислотами. Среди нихъ, вслѣдствіе широкаго распространенія среди животнаго и растительнаго царства, особенно должны быть отмѣчены уже раньше упомянутыя соединенія трехъ-атомнаго спирта глицерина съ высшими жирными кислотами, представляющія животные и растительные жиры. Это истинные сложные эфиры, являющіеся соединеніями радикаловъ этихъ кислотъ съ радикаломъ указаннаго спирта при посредствѣ О. Такъ какъ имъ принадлежитъ важное физіологическое значеніе, то мы въ слѣдующей главѣ разсмотримъ ихъ подробнѣе.

Многіе ангидриды могутъ быть получены искусственно изъ ихъ компонентовъ при выдѣленіи элементовъ воды, всѣ они, съ воспріятіемъ воды, могутъ быть расщеплены на болѣе простыя тѣла. Первое представляетъ синтезъ, второе анализъ. Оба эти способа много способствовали болѣе точному познанію строенія многочисленныхъ органическихъ соединеній.

Если мы обозначимъ черезъ R_1 и R_2 какія угодно два простыя или сложныя одноатомныя группы алкиловъ, то можно, прямо или косвенно, всегда произвести слѣдующія реакціи:

a) Синтетическія:

Спирты $\left\{\begin{array}{l} R_1OH+R_1OH=R_1-O-R_1+HOH \\ R_1OH+R_2OH=R_1-O-R_2+HOH \end{array}\right\}$ Ангидриды спиртовъ — эфиры алкиловъ, эфиры.

Кислоты $\left\{\begin{array}{l} R_1COOH+R_1COOH=R_1CO-O-COR_1+HOH \\ R_1COOH+R_2COOH=R_1CO-O-COR_2+HOH \end{array}\right\}$ Ангидриды кислотъ.

Кислота +Спиртъ $\left\{\begin{array}{l} R_1COOH+R_1OH=R_1CO-O-R_1+HOH \\ R_1COOH+R_2OH=R_1CO-O-R_2+HOH \end{array}\right\}$ Кислотные эфиры, сложные эфиры.

b) Аналитическія или расщепляющія

$$R_1-O-R_1+HOH=R_1OH+R_1OH$$
$$R_1-O-R_2+HOH=R_1OH+R_2OH \text{ и т. д.}$$

Подобныя расщепленія во многихъ тѣлахъ происходятъ уже при простомъ соприкосновеніи съ водой, въ другихъ случаяхъ для этого должно примѣнить высокую температуру, дѣйствіе водянаго пара, или содѣйствіе кислотъ или другихъ агентовъ. Эти процессы могутъ имѣть мѣсто и въ отношеніи сложныхъ молекулъ углеводовъ и протеиновыхъ тѣлъ; во многихъ жизненныхъ явленіяхъ они играютъ важную роль. Очень часто, благодаря этимъ процессамъ расщепленія, сопровождающимся воспринятіемъ элементовъ воды, изъ коллоидныхъ или нерастворимыхъ тѣлъ образуются растворимые, кристаллоидные продукты. Эти процессы обозначаются вообще названіемъ гидролитическихъ расщепленій или гидролиза. Въ послѣдующемъ изложеніи

*) Въ дѣйствительности, ангидриды кислотъ прямо изъ кислотъ не получаются.

о нихъ еще часто будетъ рѣчь. Здѣсь мы еще отмѣтимъ, что гидролизъ особенно углеводовъ и протеиновыхъ тѣлъ можетъ быть произведенъ не только при помощи указанныхъ агентовъ, но также и при помощи тѣлъ, встрѣчающихся въ животныхъ и растительныхъ организмахъ, такъ называемыхъ энзимовъ.

13. Ненасыщенныя соединенія. Во всѣхъ до сихъ поръ разсмотрѣнныхъ соединеніяхъ С-атомы были всегда связаны между собой просто, т. е. одиночною связью, какъ это показываетъ слѣдующая схема:

$$CH_3—CH_2—CH_2— \ldots . CH_2—CH_2—CH_3.$$

Такія соединенія называются насыщенными. Въ ихъ углеродной цѣпи ничто не измѣняется, если въ молекулу, на мѣсто одного или многихъ H-атомовъ, вступаютъ другіе атомы или атомныя группы. Если замѣщающія группы, въ свою очередь, представляютъ углеродныя цѣпи съ одиночною связью, то мы получаемъ молекулы съ боковыми цѣпями, такъ, напр., мы имѣемъ это въ томъ случаѣ, если введемъ въ молекулу бутана на мѣсто одного изъ двухъ H-атомовъ метиленовой группы, группу этила:

$$\begin{array}{l} CH_2—CH—CH_2—CH_3 \\ \quad\quad\;\; | \\ \quad\quad\;\; C_2H_5 \end{array}$$

Во всѣхъ такихъ случаяхъ мы имѣемъ дѣло все еще съ насыщенными соединеніями. Но существуютъ тѣла, въ которыхъ углеродные атомы связаны другъ съ другомъ двойною или даже тройною связью. Простѣйшими молекулами такого рода будутъ:

$$H_2C = CH_2 \quad \text{и} \quad HC \equiv CH.$$

этиленъ ацетиленъ

Отъ обоихъ, такимъ же образомъ, какъ это было показано при метанѣ, производятся углеводороды, спирты, альдегиды, кислоты и т. д. Всѣ эти соединенія, содержащія, по меньшей мѣрѣ, одну двойную или тройную связь, но могущія также содержать ихъ и больше, называются ненасыщенными*). Мы назовемъ изъ нихъ холестеринъ $C_{27}H_{45}OH$, ненасыщенный спиртъ, встрѣчающійся въ животныхъ жидкостяхъ (желчи; желчные камни часто цѣликомъ состоятъ изъ холестерина) и особенно въ нервномъ веществѣ, а также въ растительномъ царствѣ и олеиновую кислоту или элаиновую, жирную кислоту $C_{18}H_{34}O_2$, очень близко стоящую къ стеариновой и находящуюся въ животныхъ жирахъ, а также въ большомъ количествѣ въ жирныхъ маслахъ (прованскомъ, миндальномъ маслѣ). Олеиновая кислота, при воспринятіи двухъ атомовъ H, переходитъ въ стеариновую; слѣдовательно, углеродная цѣпь у обоихъ должна быть построена одинаково, только въ олеиновой кислотѣ въ опредѣленномъ мѣстѣ обнаруживается двойная связь.

$$CH_3—CH_2—CH_2 \ldots . CH=CH—CH_2—COOH.$$

Всѣ углеродистыя соединенія, которыя, въ концѣ концевъ, могутъ быть приведены къ метану, обыкновенно объединяются подъ именемъ производныхъ метана. Съ этимъ обозначеніемъ равнозначуще другое, болѣе употребительное названіе — соединенія жирнаго ряда или алифатическаго; къ нему относятся животные и растительные жиры и содержащіяся въ послѣднихъ жирныя кислоты.

Расположеніе углеродныхъ атомовъ во всѣхъ**) алифатическихъ соединеніяхъ мы можемъ представить въ видѣ открытой (не замкнутой) цѣпи. Но при этомъ не слѣдуетъ думать, что С-атомы, какъ члены цѣпи, лежащей на плоскости, слѣдуютъ другъ за другомъ по прямой линіи. Сообразно тому, что мы говорили о пространственномъ положеніи С-сродствъ, соотвѣтствующемъ угламъ тетраэдра (см. стр. 134), слѣдуетъ, что длинная углеродная цѣпь должна быть скорѣе сравнена съ ломаной линіей, постоянно мѣнящей свое направленіе въ пространствѣ. Однако, мы всегда имѣемъ дѣло съ рядомъ атомовъ, съ

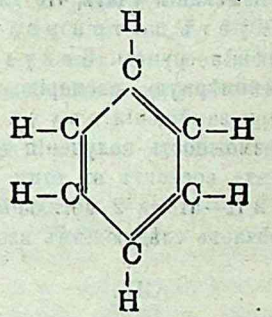
*) Не слѣдуетъ смѣшивать съ атомными группами или радикалами, въ которыхъ одно или нѣсколько сродствъ еще свободны, т. е. не соединены.

**) Исключая членовъ ряда метана и этана, т. е. соединеній съ однимъ или двумя С—атомами, гдѣ не можетъ быть рѣчи о цѣпеобразномъ строеніи.

открытою цѣпью, имѣющей два конца, цѣпью, въ которой мы можемъ различать крайніе и средніе С-атомы. Этимъ характеризуется строеніе алифатическихъ соединеній.

14. Бензольное кольцо. Въ противоположность имъ существуетъ большое число органическихъ соединеній, молекулы которыхъ содержатъ въ видѣ ядра замкнутое кольцо С-атомовъ. Мы не будемъ касаться здѣсь всѣхъ различныхъ, доселѣ извѣстныхъ углеродныхъ колецъ, мы хотимъ только выяснить конституцію наиболѣе важныхъ соединеній, такъ называемаго бензольнаго кольца и нѣкоторыхъ интересующихъ насъ производныхъ бензола.

Шесть С—атомовъ, какъ показываетъ эта схема,



соединены между собою въ замкнутое шестичленное кольцо такимъ образомъ, что каждый связанъ съ однимъ изъ сосѣднихъ атомовъ двойною, съ другимъ простою связью. Такимъ образомъ, у каждаго С—атома остается свободнымъ одно только сродство; если оно вездѣ будетъ насыщено Н, то мы будемъ имѣть молекулу простѣйшаго изъ всѣхъ бензольныхъ соединеній, а именно самъ *бензолъ* C_6H_6. Всѣ 6 Н—атомовъ одинаково могутъ быть замѣщены одноатомными атомами или атомными группами, алкилами, остатками органическихъ или неорганическихъ кислотъ, азотъ содержащими группами и т. д. Этимъ объясняется большое число и разнообразіе производныхъ бензола. Бензольное кольцо очень постоянно по отношенію къ химическимъ агентамъ; если мы подвергнемъ рядъ любыхъ бензольныхъ тѣлъ дѣйствію сильно дѣйствущихъ реактивовъ, то произойдутъ разнообразныя замѣщенія водорода, но само кольцо останется неизмѣненнымъ. Это постоянство обнаруживается также при анализѣ нѣкоторыхъ протеиновыхъ тѣлъ; если въ сложной протеиновой молекулѣ находится бензольное ядро, то мы можемъ разсчитывать, что при гидролитическихъ и другихъ расщепленіяхъ молекулы оно не будетъ разорвано и, слѣдовательно, не ускользнетъ отъ обнаруженія.

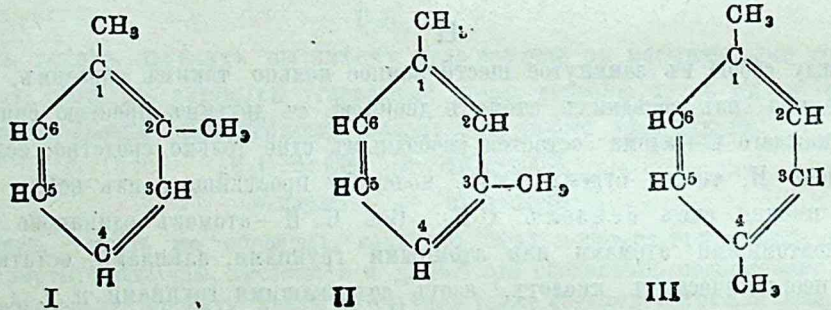
Почти всѣми принимаемое теперь представленіе о строеніи молекулы бензола относительно ново. Послѣ того какъ въ 1834 году было найдено, что каменноугольная смола представляетъ хорошій источникъ для добыванія карболовой кислоты, этотъ сырой матеріалъ въ слѣдующія десятилѣтія съ большимъ успѣхомъ былъ употребляемъ для полученія бензольныхъ соединеній. Но удовлетворительное объясненіе строенія этихъ тѣлъ было дано въ 1865 г. *Кекуле*, установившимъ такъ называемую *теорію бензола*. Его ученіе о шестичленномъ замкнутомъ углеродномъ кольцѣ съ тѣхъ поръ было неоднократно испытываемо на большомъ числѣ новыхъ фактовъ и выдержало это испытаніе. Поэтому мы можемъ разсматривать его, какъ хорошо обоснованную теорію, какъ лучшее выраженіе всего того, что обще всѣмъ производнымъ бензола.

15. Производныя бензола. Ароматическія соединенія. Совокупность производныхъ бензола обозначаютъ также какъ *ароматическія* соединенія, не потому что многія изъ нихъ обладаютъ ароматомъ, но потому что раньше, до полученія ихъ добывали изъ ароматическихъ маслъ и смолъ *).

*) Два большіе класса алифатическихъ и ароматическихъ соединеній, хотя и теперь еще охватываютъ самыя важныя соединенія, но не составляютъ уже всего содержанія органической химіи. Нѣкоторое время это дѣленіе огранической химіи на два отдѣла было вполнѣ достаточно. Но съ тѣхъ поръ, какъ химики обратились къ синтезу соединеній, содержащихъ въ кольцѣ углеродъ, азотъ и къ синтезу другихъ смѣшанныхъ колецъ, сдѣлалось извѣстнымъ много новыхъ тѣлъ, требующихъ особаго положенія.

Какъ у производныхъ метана, такъ и здѣсь мы находимъ углеводороды, спирты, альдегиды, кислоты, эфиры и т. д. Мы приведемъ нѣкоторые примѣры и на нихъ объяснимъ извѣстныя особенности, свойственныя ароматическимъ тѣламъ. Если мы замѣстимъ въ бензолѣ C_6H_6 1, 2, 3 . . 6H метиломъ, этиломъ, пропиломъ и т. д., то мы получимъ ароматическіе углеводороды: метилъ-бензолъ=толуолъ $C_6H_5 . CH_3$, диметилъ-бензолъ = ксилолъ $C_6H_4(CH_3)_2$, этилъ-бензолъ $C_6H_5 . C_2H_5$ и т. д.

При диметилъ-бензолѣ наблюдается весьма замѣчательное явленіе: существуетъ не одинъ диметилъ-бензолъ, а три. Дальнѣйшія изысканія учатъ, что для всѣхъ двузамѣщенныхъ продуктовъ бензола существуетъ по три модификаціи, все равно одинаковы или различны другъ отъ друга вступающія группы. Кекуле въ своей теоріи бензола слѣдующимъ образомъ объясняетъ эту закономѣрную изомерію: на основаніи вида шестичленнаго кольца можно представить себѣ, что при замѣщеніи двухъ H—атомовъ другими атомами или атомными группами всегда имѣется возможность полученія трехъ молекулъ, не могущихъ быть наложеными другъ на друга; различіе ихъ состоитъ въ томъ, что взаимное положеніе замѣщающихъ группъ различно. Если замѣстить 2 H—атома 2 метильными группами, то образуются 3 диметилъ-бензола, строеніе которыхъ отвѣчаетъ слѣдующимъ изображеніямъ:



Шесть углеродныхъ атомовъ бензола, точнѣе ихъ 6 свободныхъ сродствъ совершенно одинаковы между собою *). Если вступаетъ только одна метильная группа, то безразлично, при какомъ углеродномъ атомѣ произошло замѣщеніе водорода. Получается только одинъ монометилъ-бензолъ (толуолъ) и вообще не наблюдается ни одного случая изомеріи въ однозамѣщенныхъ производныхъ бензола. Только вторичное замѣщеніе вызываетъ различія, вторая вступающая группа можетъ или стоять рядомъ съ первой или можетъ быть отдѣлена отъ нея однимъ или двумя C—атомами. Такъ какъ пространственное отношеніе 1 ко 2 тожественно съ отношеніемъ 1 къ 6 и далѣе 1 къ 3 тожественно съ 1 къ 5, то отсюда вытекаетъ, что кромѣ представленныхъ не можетъ быть никакихъ другихъ формъ для двуметилированнаго бензола.

Положеніе замѣщающихъ группъ въ

фиг. I (положеніе 1,2) называется орто—
» II (» 1,3) » мета—
» III (» 1,4) » пара—

положеніемъ. Въ нашемъ частномъ случаѣ мы различаемъ, слѣдовательно, орто,— мета— и пара-диметилъ-бензолъ или короче, o-, m— и p—ксилолъ.

$$C_6H_4 < \begin{matrix} CH_3(1) \\ CH_3(2) \end{matrix} \qquad C_6H_4 < \begin{matrix} CH_3(1) \\ CH_3(3) \end{matrix} \qquad C_6H_4 < \begin{matrix} CH_3(1) \\ CH_3(4) \end{matrix}$$

Соотвѣтственные изомеры мы находимъ для всѣхъ двузамѣщенныхъ продуктовъ бензола.

Такъ какъ изомерія, свойственная производнымъ бензола, обусловливается мѣстами, гдѣ происходитъ замѣщеніе, то ее называютъ изомеріей мѣста (или положенія).

Какъ можно ожидать, по теоріи Кекуле, изомерія мѣста существуетъ также и для трехъ и для четырехъ—замѣщенныхъ бензоловъ. Но мы оставимъ въ сторонѣ обсужденіе этихъ случаевъ.

Если мы замѣстимъ одинъ или бо́льшее число H—атомовъ бензольнаго кольца OH—груп-

---

Врядъ ли нужно говорить, что схема шестиугольника ничего не говоритъ о дѣйствительномъ видѣ молекулы бензола. Она имѣетъ лишь задачею сдѣлать наглядными кольцеобразное строеніе и чередованіе простыхъ и двойныхъ связей.

*) Чтобы послѣдующія разсужденія сдѣлать болѣе понятными, C—атомы бензольнаго кольца въ фигурахъ I, II, III снабжены номерами.

пою, то получимъ гидрокси—пли, короче оксибензолы C_6H_5OH, $C_6H_4(OH)_2$, $C_6H_3(OH)_3$ и т. д. По своему образованію эти тѣла спирты, но по своему характеру они подобны кислотамъ, въ нихъ водородъ гидроксила легко замѣщается атомомъ металла. Ихъ называютъ фенолами Первое изъ этихъ тѣлъ, называемое просто феноломъ, C_6H_5OH, представляетъ карболовую кислоту, часто употребляемую въ качествѣ дезинфицирующаго средства. Тріоксибензолъ $C_6H_3(OH)_3$ представляетъ пирогалловую кислоту или пирогаллолъ, получаемый изъ галловой кислоты, вещества довольно распространеннаго въ растительномъ царствѣ. Щелочные растворы пирогаллола жадно поглощаютъ кислородъ.

Если на мѣсто H—атома въ C_6H_6 вступаетъ альдегидная группа—COH или карбоксильная—COOH, то образуются тѣла C_6H_5COH и C_6H_5COOH. Первое есть простѣйшій ароматическій альдегидъ, бензальдегидъ или масло горькихъ миндалей*), пахнущее вещество послѣднихъ, второе есть простѣйшая ароматическая кислота, бензойная кислота, главная составная часть ладана.

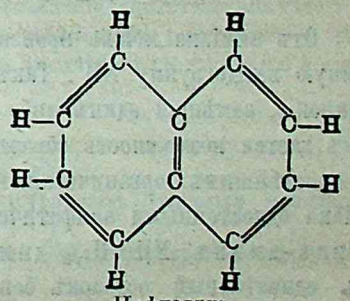
Замѣной въ бензойной кислотѣ одного атома H на OH мы получаемъ гидроксилированую или оксибензойную кислоту $C_6H_4<^{OH}_{COOH}$. Такъ какъ оксибензойная кислота представляетъ двузамѣщенный продуктъ бензола, то должно существовать для нея три изомера. Такъ и есть на самомъ дѣлѣ. Мы знаемъ *o* -, *m* - и *p* —оксибензойную кислоту, изъ которыхъ ортокислота, какъ противобродильное вещество и цѣнное лѣчебное средство, заслуживаетъ особаго интереса; это такъ называемая салициловая кислота.

Подобно алифатическимъ спиртамъ и жирнымъ кислотамъ фенолы и ароматическія кислоты могутъ образовывать эфиры и ангидриды. При образованіи эфировъ молекула фенола обыкновенно соединяется съ молекулой алифатическаго спирта, напримѣръ:

$$C_6H_5OH+CH_3OH=C_6H_5-O-CH_3+H_2O.$$

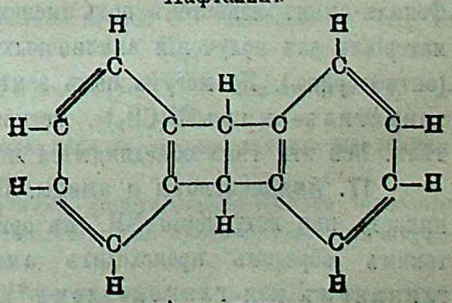
Сюда принадлежатъ съ одной стороны извѣстныя масла древеснаго дегтя (креозотъ, гваякол), отличающіяся своимъ острымъ запахомъ и противубактеріальными свойствами, а съ другой пахучія начала извѣстныхъ растеній (ванилинъ, геліотропинъ, кумаринъ).

Всѣ тѣла, приведенныя нами въ качествѣ примѣровъ различныхъ группъ производныхъ бензола, были выведены изъ бензольнаго кольца при помощи замѣщенія. Исходную точку для новыхъ группъ ароматическихъ соединеній мы находимъ въ соединеніи многихъ бензольныхъ колецъ. Такъ молекула углеводорода нафталина $C_{10}H_8$ представляетъ двойное кольцо представленнаго строенія:



Нафталинъ.

У антрацена $C_{14}H_{10}$ два бензольныхъ кольца соединены двумя промежуточными членами, въ то время какъ его изомеръ фенантренъ сложенъ изъ трехъ бензольныхъ колецъ.



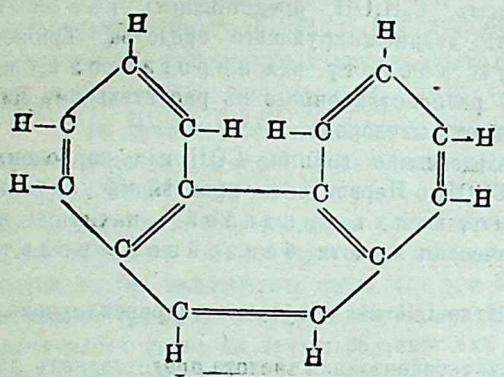
Антраценъ.

Эти и другія, еще болѣе сложныя молекулы стоятъ во главѣ длиннаго ряда соединеній, выводимыхъ путемъ замѣщенія изъ нафталина, антрацена, фенантрена и т. д. Повидимому, замѣщаемость атомовъ H въ двойныхъ и тройныхъ кольцахъ такъ же мало ограничена, какъ и въ бензолѣ. Большинство тѣлъ этихъ рядовъ сдѣлалось извѣстнымъ, какъ продукты химическихъ синтезовъ; однако, нѣкоторыя изъ нихъ встрѣчаются и въ организмахъ, напримѣръ, краски, принадлежащія къ группѣ антрацена, находятся въ маренѣ (ализаринъ, пурпуринъ) и въ алоэ.

16. Азотистыя соединенія. Въ приведенномъ доселѣ обзорѣ C—соединеній умышленно были упомянуты лишь тѣла, не содержащія

*) Масло горькихъ миндалей не слѣдуетъ смѣшивать съ обыкновеннымъ миндальнымъ масломъ, получаемымъ выжиманіемъ горькихъ и сладкихъ миндалей. Бензальдегидъ остается въ выжимкахъ въ соединеніи съ другими радикалами, въ видѣ глюкозида, извѣстнаго подъ именемъ амигдалина.

азота. Различіе безазотистыхъ и азотистыхъ органическихъ тѣлъ имѣетъ большое значеніе для систематической химіи и еще большее для физіологіи. Физіологически важнѣйшія изъ этихъ тѣлъ мы подробно разсмотримъ въ слѣдующей главѣ. Здѣсь же мы только кратко сопоставимъ главнѣйшіе типы азотистыхъ соединеній.


Фенатренъ.

Азотъ встрѣчается то какъ трехъ-, то какъ пятиатомный элементъ. За типъ соединенія трехъатомнаго азота мы можемъ принять амміакъ NH_3, за типъ пятиатомнаго—гидратъ аммонія $NH_4 . OH$. Подобно тому, какъ углеродистыя соединенія производятся отъ метана CH_4, путемъ замѣщенія одного или многихъ H—атомовъ другими атомами или атомными группами, можно и азотистыя соединенія выводить, путемъ замѣщенія, изъ одного изъ упомянутыхъ типическихъ соединеній.

Соединеніе NH_4OH, называемое гидратомъ аммонія, разсматривается, какъ гидратъ, въ которомъ, вмѣсто атома металла, съ группой гидроксила соединена одноатомная группа NH'_4, аммоній; гидратъ NH_4OH сильное основаніе и образуетъ, подобно гидратамъ металловъ, соли съ неорганическими и органическими кислотами, напримѣръ,

$$\underset{\text{гидратъ аммонія}}{NH_4OH} + \underset{\text{Хлородородъ.}}{HCl} = \underset{\text{хлористый аммоній}}{NH_4Cl} + \underset{\text{вода}}{HOH}$$

$$\underset{\text{гидратъ аммонія}}{NH_4OH} + \underset{\text{уксусная кислота}}{CH_3COOH} = \underset{\text{уксуснокислый аммоній}}{CH_3COONH_4} + \underset{\text{вода.}}{HOH}$$

Отъ амміака можно произвести одноатомную амидо—или аминогруппу NH'_2 и двуатомную имидогруппу NH''. Такъ какъ эти группы могутъ вступать въ любое углеродистое соединеніе, замѣщая одинъ либо два атома H или также другія группы и радикалы, то этимъ дается возможность образованія большого числа азотистыхъ органическихъ соединеній. Къ простѣйшимъ органическимъ производнымъ амміака приводитъ замѣщеніе водорода амміака одноатомными алифатическими или ароматическими группами, напр., $NH_2 . CH_3$ метилъ-аминъ, $NH(CH_3)_2$ диметилъ-аминъ, $NH_2 . C_6H_5$ амидобензолъ или, если обозначать одноатомный остатокъ бензола C_6H_5', какъ фенильную группу, то фенилъ-аминъ. Фенилъ-аминъ извѣстенъ подъ именемъ анилина и имѣетъ важное значеніе, какъ исходный матеріалъ для полученія анилиновыхъ красокъ и нѣкоторыхъ лѣкарственныхъ веществъ (антифебринъ). Но могутъ быть замѣщены и всѣ три атома H; примѣромъ этого служитъ триметилъ-аминъ $N(CH_3)_3$, встрѣчающійся, какъ продуктъ разложенія протеиновыхъ тѣлъ. Всѣ эти тѣла объединяются подъ общимъ именемъ аминовъ.

17. Амидокислоты и амиды. Второй рядъ органическихъ производныхъ амміака возникаетъ при вступленіи NH_2' въ органическую кислоту. Изъ уксусной кислоты CH_3COOH такимъ образомъ происходитъ амидоуксусная к. $CH_2(NH_2)COOH$, называемая также глициномъ или гликоколлемъ *). Эта кислота, въ соединеніи съ другой кислотой, холалевой, встрѣчается въ желчи; соединеніе это называется гликохолевой кислотой.

*) Названіе гликоколлъ или клеевой сахаръ дано отъ того, что онъ образуется при разложеніи клея.

Въ видѣ соединенія съ бензойной кислотой гликоколлъ находится въ относительно большомъ количествѣ въ мочѣ травоядныхъ, какъ гиппуровая кислота. Это парное соединеніе происходитъ такимъ образомъ, что одинъ атомъ H группы NH_2 замѣщается одноатомнымъ остаткомъ бензойной кислоты $C_6H_5.CO$, бензоиломъ. Такимъ образомъ, гиппуровая кислота есть бензоилъ-гликоколлъ строенія $CH_2.(NH.C_6H_5CO).COOH$.

Отъ пропіоновой кислоты $CH_3.CH_2.COOH$ производятся двѣ различно построенныя амидокислоты $CH_3.CH(NH_2).COOH$ [α—амидопропіоновая кислота] и $CH_2(NH_2).CH_2.COOH$ [β—амидопропіоновая кислота]. Если первая соединяется съ одноатомной оксифенильной группой $C_6H_4<^{OH}$ и при томъ такъ, что обѣ замѣщающія группы въ бензольномъ кольцѣ находятся въ параположеніи, то образуется p—оксифенилъ—α—амидопропіоновая кислота $C_6H_4<^{OH}_{CH_2CH(NH_2).COOH}$ (1) (4)

или тирозинъ, характерный продуктъ расщепленія протеиновыхъ тѣлъ и роговаго вещества (но не клея), образующійся также при гніеніи бѣлковыхъ тѣлъ. Жизненные процессы или химическія операціи, при которыхъ образуется тирозинъ, ведутъ почти всегда къ образованію также другой амидокислоты, лейцина, α—амидокапроновой кислоты, которой принадлежитъ формула $C_4H_9.CH(NH_2)COOH$.

Лейцинъ и тирозинъ очень легко получаются изъ поджелудочной железы и, вѣроятно, небольшая часть ихъ находится въ ней уже въ готовомъ состояніи.

Двуосновная янтарная кислота $COOH.CH_2.CH_2COOH$, съ которой мы имѣли уже случай познакомиться (§ 9), даетъ физіологически важныя амидопроизводныя. Изъ нихъ слѣдуетъ назвать два, моноамидоянтарную кислоту или аспарагиновую.

$$\begin{matrix} CH(NH_2).COOH \\ | \\ CH_2.COOH \end{matrix}$$

и ея амидъ, содержащій на мѣстѣ OH карбоксильной группы COOH еще NH_2, аспарагинъ

$$\begin{matrix} CH(NH_2).COOH \\ | \\ CH_2.CO.NH_2 \end{matrix}$$

Оба эти соединенія очень распространены въ растительномъ царствѣ. Аспарагиновая кислота находится въ большомъ количествѣ въ свекловичной мелассѣ, аспарагинъ же собственно въ совершенно молодыхъ растеніяхъ, въ спаржѣ, въ росткахъ бобовъ, гороха и злаковъ, откуда было сдѣлано заключеніе, что онъ долженъ принимать участіе въ созиданіи растительнаго тѣла.

Какъ спутникъ аспарагиновой кислоты встрѣчается въ извѣстныхъ растеніяхъ и растительныхъ продуктахъ еще другая амидированная двуосновная кислота, глутаминовая

$$CH_2<^{CH(NH_2).COOH}_{CH_2.COOH}.$$

Она находится также среди продуктовъ разложенія бѣлковыхъ тѣлъ.

Наконецъ, особенный физіологическій интересъ представляютъ амидныя производныя угольной кислоты. Если NH_2 вступаетъ въ $CO<^{OH}_{OH}$ на мѣсто OH, то образуется амидоуглекислота или карбаминовая кислота $CO<^{NH_2}_{OH}$; если и второй OH замѣщается NH_2, то получается амидъ карбаминовой кислоты или карбамидъ $CO<^{NH_2}_{NH_2}$ мочевина. *).

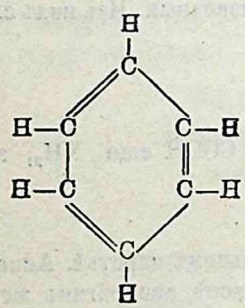
Многія наблюденія говорятъ за то, что карбаминовая кислота представляетъ въ животномъ тѣлѣ предварительную ступень мочевины.

Простыя амидныя соединенія, доселѣ нами приведенныя, заслуживаютъ нашего вниманія особенно потому, что они являются или продуктами расщепленія, или предварительными ступе-

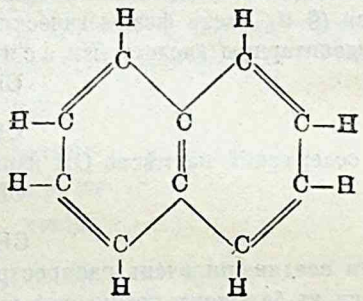
*) Мочевина была открыта Руэлемъ (Rouelle) и описана впервые въ 1773 г. подъ именемъ *Exstractum saponaceum urinae*. Въ 1799 г. онабыла получена въ чистомъ видѣ Фуркруа (Fourcroy) и Вокеленомъ (Vauquelin). Синтетически получилъ ее Велеръ (Wöhler) въ 1828 г. изъ изоціано-кислаго аммонія $CON.NH_4$, превращающагося вслѣдствіе интрамолекулярнаго перемѣщенія въ мочевину $CO(NH_2)_2$. Синтезъ, произведенный Велеромъ, получилъ въ біологіи столь большое значеніе потому, что имъ впервые была показана возможность искусственнаго полученія тѣла, образованіе котораго считалось раньше неизбѣжно связаннымъ съ жизнедѣятельностью животнаго организма.

нями протеиновыхъ тѣлъ въ живыхъ организмахъ. Но они ни въ какомъ случаѣ не являются единственными азотистыми обломками этихъ сложныхъ веществъ животнаго и растительнаго тѣла. Кромѣ ихъ мы находимъ еще цѣлые ряды соединеній менѣе простого строенія, съ 3, 4 и 5 атомами N, частью кислаго, частью основного характера, весьма часто обладающихъ кольцеобразнымъ строеніемъ. Мы упомянемъ здѣсь вкратцѣ мочевую кислоту $C_5H_4N_4O_3$, креатинъ $NH{=}C{<}^{NH_2}_{N(CH_3)\cdot CH_2\cdot COOH}$, его ангидридъ креатининъ и ксантиновыя основанія. Послѣднія будутъ еще разсмотрѣны въ слѣдующей главѣ. Въ основѣ ихъ, такъ же какъ и мочевой кислоты, лежитъ кольцо, построенное изъ C— и N – атомовъ или точнѣе кольцевая система, отличная, однако, по своему строенію, отъ бензольнаго кольца.

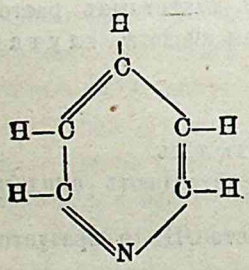
18. Углеродистоазотныя кольца. Алкалоиды. Съ типомъ бензольнаго и нафталиноваго ядра мы встрѣчаемся въ азотистыхъ основаніяхъ пиридинѣ и хинолинѣ и ихъ производныхъ. Эти оба основанія являются подобными бензолу и нафталину не своимъ только кольцевымъ строеніемъ, но и всѣмъ химическимъ характеромъ, особенно своимъ постоянствомъ по отношенію къ сильнымъ химическимъ агентамъ. Если въ формулѣ бензола одну группу CH замѣстить однимъ атомомъ трехъатомнаго N, то получается пиридинъ, подобное же замѣщеніе приводитъ отъ нафталина къ хинолину.



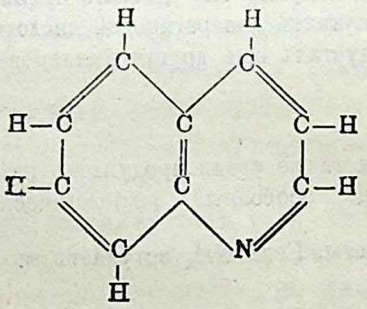
Бензолъ.



Нафталинъ.



Пиридинъ.



Хинолинъ.

Въ противоположность индифферентнымъ углеводородамъ бензолу и нафталину пиридинъ и хинолинъ, вслѣдствіе вступленія атома N, получаютъ выраженный основной характеръ; съ кислотами они, подобно простымъ аминамъ алкиловъ (§ 12), образуютъ соли. Такъ какъ ихъ водородные атомы, подобно атомамъ бензола и нафталина, могутъ быть замѣщаемы другими элементами или атомными группами самымъ разнообразнымъ способомъ, то они являются исходными веществами для многихъ сложныхъ азотистыхъ соединеній. Среди ихъ производныхъ, несомнѣнно, самыми важными являются алкалоиды, тѣ азотистыя основанія растительнаго происхожденія, которыя отличаются удивительными физіологическими дѣйствіями. Къ этимъ, очень ядовитымъ, но употребляемымъ въ медицинѣ тѣламъ, принадлежатъ морфинъ, кодеинъ, хининъ, стрихнинъ, атропинъ, никотинъ и др.

Относительно азотистыхъ соединеній изъ класса протеиновыхъ тѣлъ см. слѣдующую главу.

ДЕСЯТАЯ ГЛАВА.

Углеводы, жиры и протеиновыя тѣла.

1. Основныя тѣла растительнаго и животнаго организма. Не смотря на измѣнчивость и разнообразіе химическаго состава живыхъ существъ, въ построеніи каждаго животнаго или растительнаго организма почти безъ исключенія принимаютъ участіе углеводы, жиры и протеиновыя тѣла, играющія также роль въ поддержаніи всѣхъ жизненныхъ отправленій. Изъ этихъ трехъ группъ группа протеиновыхъ тѣлъ, по своей важности для жизненныхъ отправленій, занимаетъ первое мѣсто. Они являются главною составною частью всякаго живого существа, не только по своему количеству, но и по своему значенію: они до извѣстной степени субстратъ, химическая основа всякой жизни. Углеводы и жиры также весьма распространены въ живой природѣ; первые встрѣчаются главнымъ образомъ въ растеніяхъ, послѣдніе тоже въ растеніяхъ, но еще больше въ животныхъ, представляя у нихъ значительныя отложенія. Весьма часто жиры и углеводы находятся вмѣстѣ, другъ подлѣ друга, но иногда тѣ или другіе отсутствуютъ, а поэтому они не могутъ быть разсматриваемы, какъ безусловно необходимыя составныя части каждой живой клѣтки. Въ одной изъ слѣдующихъ главъ мы увидимъ, что бѣлки, жиры и углеводы образуются въ растеніяхъ и что они представляютъ важнѣйшія пищевыя и питательныя вещества для животныхъ организмовъ. По своему химическому составу они отличаютея прежде всего тѣмъ, что углеводы и жиры изъ элементовъ содержатъ только C, H и O, въ то время какъ протеиновыя тѣла заключаютъ въ себѣ еще N, S и P. Такъ какъ наличность или отсутствіе N въ какомъ либо соединеніи является важнымъ для той роли, которую играетъ данное соединеніе при питаніи животныхъ, то принято рѣзко отдѣлять углеводы и жиры, какъ безазотистыя питательныя вещества отъ протеиновыхъ тѣлъ, какъ азотистыхъ питательныхъ веществъ. Содержаніе углерода въ углеводахъ простирается приблизительно до 40%, въ жирахъ—60—80%; содержаніе кислорода въ первыхъ равно приблизительно 50%, въ послѣднихъ колеблется между 30—10%. Такимъ образомъ, углеводы представляются болѣе окисленными, чѣмъ жиры: для ихъ полнаго сожиганія до CO_2 и H_2O, требуется меньше кислорода, чѣмъ для жировъ; поэтому при сгораніи углеводовъ развивается меньше тепла, чѣмъ при сгораніи жировъ.

2. Углеводы. Углеводы представляютъ соединенія эмпирическаго состава $C_m(H_2O)_n$, т. е. они содержатъ элементы H и O въ такомъ же отношеніи, въ какомъ эти послѣдніе образуютъ воду. Отсюда дѣлается понятнымъ само наименованіе углеводовъ; они представляются до извѣстной степени гидратами углерода $[C_m+(H_2O)_n]$ *). У многихъ углеводовъ

*) Этимъ самымъ нисколько не говорится, что дѣйствительное строеніе углеводовъ именно таково. Равнымъ образомъ, нельзя всякое соединеніе, которое содержитъ элементы C, H и O въ указанныхъ отношеніяхъ, причислять къ углеводамъ. Такъ, напримѣръ, уксусная кислота ($C_2H_4O_2$) и молочная кисл. ($C_3H_6O_3$) не принадлежатъ къ нимъ, равно какъ и инозитъ ($C_6H_{12}O_6$) или бензохинонъ ($C_6H_4O_2$).

m=n; въ такомъ случаѣ формула переходитъ въ болѣе простую $(CH_2O)_m$. Если допустить что m не менѣе 3, то составъ простѣйшаго углевода,—такъ называемой глицерозы,—выразится формулой $C_3H_6O_3$.

Имѣя въ виду главнѣйшіе представители углеводовъ, встрѣчающіеся въ природѣ, обыкновенно подраздѣляютъ ихъ на простые виды сахара (моносахариды или глюкозы $C_6H_{12}O_6$), удвоенные виды сахара (дисахариды или сахарозы $C_{12}H_{22}O_{11}$) и на полисахариды $(C_6H_{10}O_5)m \pm nH_2O$).

Для полнаго обозрѣнія всѣхъ соединеній этой группы недостаточно означеннаго подраздѣленія ихъ, съ тѣхъ поръ какъ въ живыхъ организмахъ найдены углеводы съ 5 углеродными атомами, и, кромѣ того, получены синтетически углеводы съ 3, 7 и 9 углеродными атомами. Эмиль Фишеръ, изслѣдованія котораго поставили ученіе объ углеводахъ на совершенно новую почву, различаетъ, смотря по числу углеродныхъ атомовъ, слѣдующія группы различныхъ видовъ сахара.

тріозы	$C_3H_6O_3$
тетрозы	$C_4H_8O_4$
пентозы	$C_5H_{10}O_5$
гексозы (=глюкозы)	$C_6H_{12}O_6$
гептозы	$C_7H_{14}O_7$
нонозы	$C_9H_{18}O_9$
гексобіозы (=сахарозы)	$C_{12}H_{22}O_{11}$ *)
гексотріозы (принадлежащія къ полисахаридамъ)	$C_{18}H_{32}O_{16}$ **)

*) $=2(C_6H_{12}O_6)-H_2O$ **)$=3(C_6H_{12}O_6)-2H_2O$.

Эта система, пользованіе которой требуетъ прежде всего знанія молекулярной формулы, не можетъ быть приложена во всей своей полнотѣ къ полисахаридамъ, такъ какъ до сихъ поръ удалось преодолѣть только незначительную часть тѣхъ трудностей, какія представляетъ опредѣленіе частичнаго вѣса этихъ послѣднихъ. Мы должны пока довольствоваться только общимъ понятіемъ «полисахариды». Каждая изъ названныхъ группъ можетъ быть, по химическому характеру ея представителей, расчленена далѣе. Такъ различные виды сахара—или альдегиды или кетоны; они соотвѣтсвуютъ или формулѣ R.CHO или формулѣ R.CO R′ (см. гл. IX § 8). Поэтому ихъ именуютъ по Э. Фишеру или альдозами=альдегидосахарами, или кетозами=кетоносахарами. Это различіе замѣчается какъ разъ при наиболѣе извѣстныхъ видахъ сахара, гексозахъ.

При дальнѣйшемъ описаніи углеводовъ мы можемъ ограничиться только глюкозами (гексозами), сахарозами (гексобіозами) и полисахаридами, такъ какъ по своему значенію для жизненныхъ процессовъ остальные углеводы совершенно отступаютъ на задній планъ. Только еще пентозы заслуживаютъ краткаго разсмотрѣнія.

Глюкозы относятся къ сахарозамъ и полисахаридамъ, какъ гидраты къ ангидридамъ. На основаніи вышеприведенныхъ формулъ можно составить слѣдующія уравненія:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = 2C_6H_{12}O_6$$
$$(C_6H_{10}O_5)m + mH_2O = mC_6H_{12}O_6.$$

Только что указанныя превращенія соотвѣтствуютъ дѣйствительности: дисахариды и большая часть полисахаридовъ легко переводятся черезъ гидролизъ въ глюкозы. Находясь въ такомъ отношеніи къ сахаридамъ и полисахаридамъ, глюкозы образуютъ наиболѣе важную, въ теоретическомъ отношеніи, группу углеводовъ, являясь какъ бы ключомъ къ остальнымъ углеводамъ.

3. Простые виды сахара. Глюкозы. Глюкозы представляютъ кристаллизующіяся тѣла, растворимыя въ водѣ и алкоголѣ, способныя къ диффузіи, оптически дѣятельныя, сладковатаго вкуса. Способность различныхъ глюкозъ кристаллизоваться неодинакова; нѣкоторыя изъ нихъ извѣстны до сихъ поръ только въ сироповидномъ состояніи. Наиболѣе извѣстнымъ представителемъ глюкозъ является виноградный сахаръ или, просто, глюкоза, которую прежде именовали декстрозою, такъ какъ она вращаетъ плоскость поляризаціи вправо. Виноградный сахаръ весьма распространенъ въ растительномъ царствѣ, именно онъ находится вмѣстѣ съ другими глюкозами въ сладкихъ фруктахъ (ягодахъ, винограднѣ, яблокахъ и т. д.), въ цвѣточныхъ сокахъ, медѣ. Но встрѣчается часто въ незначительныхъ количествахъ и у животныхъ, а именно въ крови и другихъ жидкостяхъ тѣла. Онъ встрѣчается также во многихъ

растеніяхъ въ видѣ глюкозидовъ, находясь тогда въ химической связи съ тѣлами жирнаго или ароматическаго ряда *).

Виноградный сахаръ легко можетъ быть полученъ гидролитически въ большихъ количествахъ изъ картофельнаго или какого либо другого крахмала при раствореніи послѣдняго въ горячей разведенной сѣрной кислотѣ и послѣдующемъ кипяченіи раствора подъ извѣстнымъ давленіемъ; поэтому онъ называется также **картофельнымъ** или **крахмальнымъ сахаромъ**.

Синтетически онъ былъ полученъ впервые **Эмилемъ Фишеромъ**, въ 1890 году.

Онъ можетъ быть теоретически произведенъ отъ нормальнаго гексана $C_6H_{14}=CH_3.CH_2.CH_2.CH_2.CH_2.CH_3$. Если мы замѣстимъ при каждомъ изъ 5 первыхъ углеродныхъ атомовъ означенной цѣпи одинъ водородъ группою OH, а послѣднюю группу CH_3 превратимъ въ альдегидную, CHO,—то получимъ нормальный пентаоксигексилальдегидъ $CH_2(OH).CH(OH).CH(OH).CH(OH).CH(OH).CHO$,—**виноградный сахаръ**. И такъ, этотъ сахаръ является, по своему строенію, одновременно и алкоголемъ и альдегидомъ, онъ представляетъ собою альдозу. Его алкогольный характеръ выражается въ томъ, что онъ можетъ давать алкоголаты и эфиры; альдегидное же его строеніе обнаруживается тѣмъ, что онъ энергично возстановляетъ щелочные растворы металлическихъ солей.

Эта способность возстановлять служитъ основою пробъ на сахаръ, предложенныхъ **Троммеромъ** и **Нилландеромъ**, и которыя состоятъ въ томъ, что щелочные растворы солей окиси мѣди или висмута при нагрѣваніи съ виноградным сахаромъ быстро возстановляются. Если при этомъ испытаніи пользоваться такимъ растворомъ мѣдной соли, отношеніе котораго къ сахару установлено количественно, именно растворомъ **Фелинга**, то при указанной реакціи можно нетолько доказать присутствіе сахара, но и опредѣлить его количество.

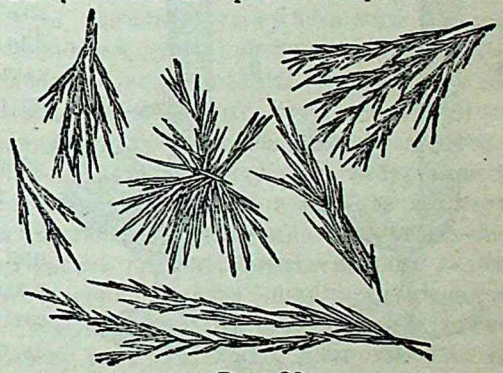


Рис. 29.
Кристаллы фенилглюкозазона.

Какъ альдегидъ, виноградный сахаръ реагируетъ съ **фенилгидразиномъ**,—ароматическимъ основаніемъ съ формулою $C_6H_5NH.NH_2$. Сахаръ даетъ съ нимъ прекрасно кристаллизующееся соединеніе, именно фенилглюкозазонъ. Такъ какъ это послѣднее соединеніе можетъ быть безъ особаго труда получено изъ растворовъ, содержащихъ весьма незначительныя количества сахара, то эта проба на сахаръ быстро получила практическое приложеніе. Кристаллы фенилглюкозазона почти всегда являются въ ихъ типической формѣ (фиг. 29), цвѣтъ ихъ соломенно-желтый. Плавятся они при 204°—205°, эта точка плавленія можетъ служить въ сомнительныхъ случаяхъ къ установленію идентичности кристалловъ. Аналогичныя соединенія могутъ быть получены также и съ другими видами сахара, со всѣми альдозами и кетозами; поэтому реакція съ фенилгидразиномъ представляется вообще реакціею характерною для сахарообразныхъ углеводовъ. Означенныя соединенія съ фенилгидразиномъ, являющіяся для тѣхъ или другихъ альдозъ и кетозъ, по большей части, весьма характерными, называютъ **озазонами**.

При взглядѣ на формулу строенія глюкозы можно замѣтить, что ея частица содержитъ четыре асимметрическихъ углеродныхъ атома. Поэтому можно ожидать, во первыхъ, что существуетъ нѣсколько стереоизомерныхъ тѣлъ, соотвѣтствующихъ этой формулѣ, и во вторыхъ, что среди этихъ изомеровъ одни должны быть вращающими вправо, другіе — вращающими влѣво, прочіе же — оптически недѣятельными. Это предположеніе оправдывается дѣйствительностью. Изъ 16 стереоизомеровъ, возможныхъ по теоріи **Вантъ Гофа — Ле Беля** и имѣющихъ

*) Подъ глюкозидами разумѣютъ эфирообразныя соединенія, въ составъ которыхъ входитъ остатокъ углевода съ одной стороны, и осгатокъ алкоголя, альдегида или фенола—съ другой. Кислотами или извѣстными ферментами они расщепляются на ихъ составныя части. Въ **салицинѣ**, **популинѣ**, **гесперидинѣ**, **амигдалинѣ** углеводною составною частью является виноградный сахаръ. Другіе глюкозиды даютъ при расщепленіи иные виды сахара. Амигдалинъ, встрѣчающійся въ сѣменахъ горькаго миндаля и яблоневыхъ, распадается при расщепленіи на 3 свои составныя части,—глюкозу, бензальдегидъ (масло горькихъ миндалей) и синильную кислоту:

$$C_{20}H_{27}NO_{11}+2H_2O=2C_6H_{12}O_6+C_6H_5CHO+CNH.$$

Ферментъ, расщепляющій амигдалинъ, а именно **эмульсинъ** содержится въ самихъ сѣменахъ горькаго миндаля.

строеніе глюкозы, извѣстны три, а именно глюкоза, манноза и галактоза; далѣе, кромѣ правовращающихъ модификацій этихъ трехъ гексозъ, встрѣчающихся въ природѣ, получены также лѣвовращающія и оптически недѣятельныя формы ихъ.

Тамъ, гдѣ можно смѣшать различныя модификаціи сахара, необходимо обозначать, какъ при винныхъ кислотахъ, оптическій характеръ данной модификаціи.

4. Броженія. Разложеніе винограднаго сахара, вызываемое жизнедѣятельностью микроорганизмовъ и извѣстное подъ именемъ «броженія», представляетъ большой интересъ въ біологическомъ отношеніи. Извѣстные грибки, при выращиваніи ихъ въ жидкостяхъ, содержащихъ сахаръ, вызываютъ распадъ этого послѣдняго; такой распадъ происходитъ опредѣленнымъ образомъ.

Здѣсь мы приводимъ только три рода броженія.

1. Алкогольное или спиртовое броженіе вызывается дрожжами (*Saccharomyces*) и нѣкоторыми родами *Mucor*. Глюкоза распадается при этомъ на алкоголь и углекислоту:

$$C_6H_{12}O_6 = 2\,C_2H_5OH + 2\,CO_2.$$
Глюкоза. Алкоголь. Углекислота.

Въ большихъ размѣрахъ этотъ процессъ совершается при приготовленіи спиртныхъ напитковъ изъ плодовъ, содержащихъ крахмалъ или сахаръ. Въ маломъ размѣрѣ пользуются броженіемъ, вызываемымъ дрожжами, для качественнаго открытія сахара въ тѣхъ жидкостяхъ, гдѣ онъ предполагается. Для этой пробы,—пробы съ броженіемъ, пользуются такъ называемою трубкою для броженія, форма которой дана на рис. 30.

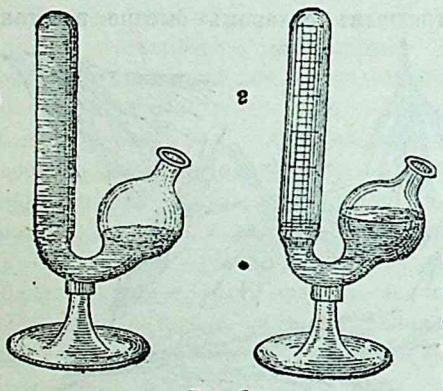


Рис. 30.
Трубка для броженія, служащая для демонстраціи алкогольнаго броженія сахара съ дрожжами; 1-до, 2-послѣ броженія.

Трубку наполняютъ изслѣдуемою жидкостью такимъ образомъ, какъ это обозначено на рисункѣ, вводятъ внутрь ея кусочекъ свѣжихъ прессованныхъ дрожжей, величиною съ горошину, и оставляютъ аппаратъ стоять 24 часа при обычной комнатной температурѣ. Если изслѣдуемая жидкость содержитъ глюкозу, то въ ней развивается вслѣдствіе броженія углекислота, которая собирается въ замкнутомъ колѣнѣ трубки. Что возникающій при этомъ газъ есть углекислота, можно доказать пробою съ ѣдкою щелочью: если ввести съ помощью изогнутой пипетки въ замкнутое колѣно растворъ ѣдкаго кали, то газъ совершенно поглотится, что совершается довольно быстро.

Эта проба съ броженіемъ есть наиболѣе надежная изъ всѣхъ другихъ пробъ на сахаръ.

2. Молочнокислое броженіе. Это броженіе вызывается палочкообразными бактеріями (*Bacterium lactis, Bacillus acidi lactici*); частица глюкозы расщепляется при этомъ на двѣ частицы молочной кислоты:

$$C_6H_{12}O_6 = 2\,C_3H_6O_3.$$

Молочная кислота броженія есть оптически недѣятельная α-оксипропіоновая кислота, $CH_3.CH(OH).COOH$, объ изомеріи которой говорилось въ 9 главѣ (стр. 132). Эта кислота возникаетъ при извѣстныхъ условіяхъ въ молокѣ (ея источникомъ является въ этомъ случаѣ молочный сахаръ, см. § 7), что влечетъ за собою прокисаніе этого послѣдняго.

3. Масляное броженіе. *Bacillus butyricus*, анаэробная бактерія, расщепляетъ глюкозу, съ образованіемъ масляной кислоты, углекислоты и водорода:

$$C_6H_{12}O_6 = C_4H_8O_2 + 2\,CO_2 + 2\,H_2.$$

Броженіе протекаетъ тѣмъ скорѣе, чѣмъ полнѣе удаленъ кислородъ изъ бродящей жидкости, содержащей сахаръ, и чѣмъ лучше жидкость защищена отъ соприкосновенія съ воздухомъ. При скисаніи молока, если оно тянется долго, къ молочнокислому присоединяется обыкновенно и масляное броженіе.

Bacillus acidi lactici и *Bacillus butyricus* не являются единственными микроорганизмами, которые способны вызывать кислыя броженія; существуетъ большое число бактерій, которымъ свойственно, хотя-бы въ меньшей степени, производить броженія этого рода *).

5. Плодовый сахаръ. *Галактоза. Манноза.* Виноградный сахаръ часто сопрово-

*) Объ анаэробныхъ грибкахъ см. главу 14; о броженіи и другихъ процессахъ, вызываемыхъ такъ называемыми ферментами и энзимами, см. гл. 16 и 17.

ждается, особенно въ растеніяхъ, плодовымъ сахаромъ, фруктозою *), напр. въ сладкихъ плодахъ, медѣ. Какъ настоящая гексоза, фруктоза имѣетъ составъ $C_6H_{12}O_6$; по своему строенію она является кетоноалкоголемъ, кетозою съ слѣдующею формулою: $CH_2(OH).CH(OH).CH(OH).CH(OH).CO.CH_2(OH)$.

Естественная фруктоза представляется въ чистомъ состояніи кристаллическимъ тѣломъ. Въ водѣ она растворяется легче глюкозы; плоскость поляризованнаго луча она вращаетъ влѣво. Ея оптическій антиподъ полученъ искусственнымъ путемъ, равно какъ и оптически недѣятельная форма, состоящая изъ обоихъ оптическихъ антиподовъ. На щелочные растворы солей металловъ эти кетозы дѣйствуютъ такъ-же, какъ виноградный сахаръ; съ фенилгидразиномъ онѣ даютъ такой-же фенилглюкозазонъ, какой образуетъ и глюкоза,—обстоятельство, благодаря которому было установлено ихъ строеніе, и благодаря которому Э. Фишеръ могъ превратить виноградный сахаръ въ плодовый. Фруктоза бродитъ съ дрожжами много медленнѣе, чѣмъ глюкоза, такъ что при броженіи раствора какой-либо смѣси обоихъ этихъ сахаровъ, черезъ извѣстное время въ растворѣ остается только одинъ изъ нихъ.

Галактоза, кристаллизующаяся, трудно растворимая въ водѣ гексоза, является, подобно виноградному сахару, альдозою, но только съ другимъ расположеніемъ асимметрическихъ углеродныхъ атомовъ. Она даетъ обыкновенныя реакціи на сахаръ, однако, съ дрожжами бродитъ трудно. Въ физіологическомъ отношеніи она представляетъ интересъ, какъ одно изъ составныхъ частей молочнаго сахара, изъ котораго она обыкновенно и получается, и, какъ компонентъ, входящій въ составъ содержащаго азотъ, глюкозидообразнаго соединенія церебрина, находящагося въ веществѣ мозга. Уже давно извѣстно, что церебринъ даетъ при кипяченіи съ разведенною сѣрною кислотою, сахарообразное вещество, способное возстановлять; это вещество называли «мозговымъ сахаромъ»; впослѣдствіи было выяснено, что это есть галактоза.

Гексоза, игравшая важную роль при искусственномъ полученіи виноградаго и плодоваго сахара, есть манноза. Она представляетъ продуктъ окисленія маннита,—шестиатомнаго спирта $C_6H_8(OH)_6$, встрѣчающагося во многихъ растеніяхъ, особенно въ маннѣ, т. е. высохшемъ сокѣ маннаго ясеня (*Fraxinus Ornus*) и сокѣ лиственницы (*Larix*). Непосредственно можно получить маннозу изъ слизи корневыхъ клубней салепы (*Tubera Salep*,—круглые клубни *Orchis Morio*) и изъ сѣмянъ каменнаго орѣха. Естественная манноза представляетъ собою правовращающій альдегидосахаръ, стереоизомерный виноградному, возстановляющій щелочные растворы солей металловъ, бродящій съ дрожжами такъ же легко, какъ глюкоза. Ея озазонъ, фенилъ-маннозазонъ, идентиченъ съ глюкозазономъ,—обстоятельство, которое позволяетъ сдѣлать строго опредѣленные выводы касательно пространственнаго строенія маннозы, по сравненію съ таковымъ глюкозы. Манноза, вращающая влѣво и оптически недѣятельная манноза получаются искусственно.

6. Пентозы. Здѣсь только вкратцѣ будутъ упомянуты углеводы съ 5 углеродными атомами,—пентозы. Въ свободномъ состояніи въ растеніяхъ пентозы до сихъ поръ еще не найдены; онѣ возникаютъ изъ растительныхъ клеевъ и пектиновыхъ тѣлъ при дѣйствіи на названныя вещества разведенныхъ кислотъ. Онѣ представляютъ собою сладкія на вкусъ, кристаллизующіяся, оптически дѣятельныя соединенія, формула которыхъ есть $C_5H_{10}O_5$; щелочной растворъ окиси мѣди онѣ возстановляютъ, но съ дрожжами не бродятъ. Къ нимъ принадлежитъ арабиноза, получаемая изъ Gummi arabicum и вишневаго клея; она есть альдоза, съ строеніемъ $CH_2(OH).CH(OH).CH(OH).CH(OH).CHO$; съ фенилгидразиномъ даетъ арабинозазонъ. Сюда относится также ксилоза или древесный сахаръ, получаемый изъ древеснаго клея.

Углеводъ глюкозидовъ—ксанторамнина и кверцитрина, — рамноза, разсматривается какъ метилированная пентоза. Рамноза имѣетъ формулу $CH_3.C_5H_9O_5$; строеніе ея $CH_3.[CH(OH)]_4.CHO$, слѣдовательно, она альдоза.

При извѣстныхъ нарушеніяхъ въ обмѣнѣ веществъ пентозы повидимому появляются въ мочѣ человѣка.

7. Сахарозы. Мы переходимъ теперь къ дисахаридамъ, сахарозамъ или гексобіозамъ. Сюда относятся: тростниковый сахаръ, молочный сахаръ и мальтоза. Всѣ они—кристаллическія тѣла, растворимыя въ водѣ, вращающія вправо, съ формулою $C_{12}H_{22}O_{11}$.

---

*) Такъ какъ плодовый сахаръ вращаетъ плоскость поляризованнаго свѣта влѣво, то онъ назывался прежде левулозою. Теперь это наименованіе не имѣетъ смысла, такъ какъ въ настоящее время извѣстны другія глюкозы, вращающія влѣво; оно должно быть поэтому оставлено.

По ихъ тѣсному отношенію къ гексозамъ:

$$2\ C_6H_{12}O_6 - H_2O = C_{12}H_{22}O_{11}\ ,—$$

должно было бы ожидать, что ихъ можно получить изъ гексозъ. Но до сихъ поръ это не осуществлено. Напротивъ того, легко удается расщеплять естественныя сахарозы на простые виды сахара, такъ что взаимное отношеніе этихъ обѣихъ группъ видовъ сахара будетъ правильнѣе выразить слѣдующимъ образомъ:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = 2\ C_6H_{12}O_6.$$

Тростниковый или свекловичный сахаръ находится въ сокѣ многихъ растеній, особенно въ сокѣ свеклы (*Beta vulgaris*) и сахарнаго тростника (*Saccharum officinarum*) изъ которыхъ онъ и добывается фабричнымъ путемъ. Какъ питательное и вкусовое вещество онъ занимаетъ первое мѣсто среди другихъ видовъ сахара. Онъ отличается своею способностью легко кристаллизоваться (кристаллическій сахаръ). Сухіе кристаллы его плавятся при 160°; при 190—200° сплавленная масса окрашивается въ темнобурый цвѣтъ, при чемъ развивается особый запахъ, и сахаръ превращается въ некристаллизующуюся, горькую на вкусъ карамель. Тростниковый сахаръ не даетъ непосредственно обыкновенныхъ пробъ на сахаръ (Троммера, Ниландера), не даетъ соединеній съ фенилгидразиномъ, съ дрожжами бродитъ только послѣ предварительнаго расщепленія на свои составныя части. Расщепленіе его, называемое инверсіею, легко происходитъ при кипяченіи его съ разведенными кислотами но вызывается также и различными энзимами, особенно инвертиномъ, энзимомъ содержащимся въ дрожжахъ. Въ томъ и другомъ случаѣ тростниковый сахаръ распадается, присоединяя воду, на глюкозу и фруктозу:

$$\underset{\text{тростников. сахаръ}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O = \underset{\text{глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{фруктоза}}{C_6H_{12}O_6}.$$

При этомъ означенныя гексозы возникаютъ въ равныхъ количествахъ.

Если изслѣдуютъ поляриметрически сахарный растворъ до инверсіи и послѣ нея, то находятъ перемѣну вращенія: растворъ тростниковаго сахара вращаетъ вправо, растворъ-же смѣси равныхъ количествъ глюкозы и фруктозы вращаетъ влѣво. Прежде, когда не былъ извѣстенъ истинный составъ продукта инверсіи, именовали сахаръ, получаемый изъ тростниковаго, при дѣйствіи на него кислотъ, превращеннымъ сахаромъ.—Теперь-же мы знаемъ, что этотъ продуктъ не представляетъ собою какого-либо химически индивидуальнаго тѣла, но смѣсь двухъ вышеуказанныхъ гексозъ. Растворъ такой смѣси вращаетъ влѣво потому, что удѣльное вращеніе влѣво вращающей фруктозы болѣе, чѣмъ удѣльное вращеніе вправо вращающей глюкозы, смѣсь-же эта содержитъ, какъ выше указано, равныя количества фруктозы и глюкозы.

Молочный сахаръ, лактоза, находится въ довольно большомъ количествѣ въ молокѣ млекопитающихъ. Онъ есть дисахаридъ, легко растворимый въ водѣ, слабо сладкаго вкуса, кристаллизующійся. Кристаллы его содержатъ одну частицу кристаллизаціонной воды, такъ что имъ соотвѣтствуетъ формула $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$. Плоскость поляризаціи онъ вращаетъ вправо, съ фенилгидразиномъ даетъ характерный фенилактозазонъ. На щелочные растворы солей металловъ онъ дѣйствуетъ возстановляющимъ образомъ, какъ простые виды сахара. Съ дрожжами не бродитъ, но легко подпадаетъ молочнокислому броженію (съ *Bacillus acidi lactici* и др.). Разведенныя кислоты расщепляютъ его на его составныя части, а именно на глюкозу и галактозу:

$$\underset{\text{молочный сахаръ}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O = \underset{\text{глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{галактоза}}{C_6H_{12}O_6}$$

Солодовый сахаръ или мальтоза не находится, повидимому, въ готовомъ состояніи въ сколько нибудь значительныхъ количествахъ, ни въ растеніяхъ, ни въ животныхъ. Мальтоза постоянно образуется изъ крахмала при дѣйствіи на него такъ называемыхъ діастатическихъ, т. е. сахарифицирующихъ, растительныхъ и животныхъ энзимовъ, въ особенности при приготовленіи пивного или виннаго сусла, а именнопри дѣйствіи діастаза солода на ячмень, картофель и другіе плоды, богатые крахмаломъ; далѣе, въ животномъ организмѣ, а именно при перевариваніи крахмала (см. гл. 11 § 17 и гл. 17). Какъ промежуточный продуктъ, мальтоза возникаетъ при гидролитическомъ расщепленіи крахмала, вызываемомъ разведенною сѣрною кислотою. Мальтоза легко растворима въ водѣ, кристаллизуется; кристаллы ея содержатъ одну частицу кристаллизаціонной воды, такъ что имъ соотвѣтствуетъ формула $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$. По отношенію къ реактивамъ на сахаръ она стоитъ очень близко къ виноградному сахару, такъ что ее легко смѣшать съ этимъ послѣднимъ, тѣмъ болѣе, что она даетъ при своемъ расщепленіи только глюкозу

$$\underset{\text{мальтоза}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O = \underset{\text{глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{глюкоза}}{C_6H_{12}O_6}$$

Мальтоза вращаетъ вправо сильнѣе глюкозы. Съ фенилгидразиномъ она соединяется, образуя фенилъ-мальтозазонъ. Съ дрожжами она бродитъ непосредственно.

8. Полисахариды. Третья группа углеводовъ, группа полисахаридовъ, заключаетъ въ себѣ, кромѣ нѣкоторыхъ сахарообразныхъ, способныхъ кристаллизоваться тѣлъ, слѣдующія соединенія: растительный крахмалъ, животный крахмалъ, декстрины, клѣтчатку, разныя гумми и пектиновыя вещества. Если оставить въ сторонѣ раффинозу,—гексотріозу $C_{18}H_{32}O_{16} + 5\,H_2O$, встрѣчающуюся въ сѣменахъ хлопчатника, способную кристаллизоваться; далѣе, лактозинъ,—гексогексозу $C_{36}H_{62}O_{31}$, полученную изъ нѣкоторыхъ гвоздичныхъ (Caryophyllaceae), и, наконецъ, нѣкоторые другіе рѣдкіе растительные виды сахара, то полисахариды можно охарактеризовать слѣдующимъ образомъ. Они суть не кристаллизующіяся, не имѣющія сладкаго вкуса вещества, частью растворимыя въ водѣ, частью въ ней взбухающія, частью-же нерастворимыя; эмпирическій составъ ихъ $(C_6H_{10}O_5)\,m \pm nH_2O$. Въ физическомъ отношеніи они отличаются отъ кристаллизующихся, легко диффундирующихъ видовъ сахара тѣмъ, что они или весьма трудно, или совсѣмъ не диффундируютъ. Они являются тѣлами коллоиднаго характера, почему ихъ называли также сахароколлоидами. Они не возстановляютъ солей металловъ въ щелочномъ растворѣ; не соединяются съ фенил-гидразиномъ. При гидролитическомъ распадѣ, вызываемомъ дѣйствіемъ разведенныхъ кислотъ, почти всѣ они даютъ простые виды сахара; при этомъ гумми и пектиновыя вещества превращаются отчасти въ пентозы.

Крахмалы или амилозы весьма распространены въ растеніяхъ. Какъ продуктъ синтетической дѣятельности хлорофиллоносныхъ клѣтокъ, крахмалъ находится въ растеніяхъ повсюду тамъ, гдѣ встрѣчается хлорофиллъ, въ то время какъ онъ обыкновенно отсутствуетъ въ лишенныхъ его растеніяхъ,—во всѣхъ грибахъ, нѣкоторыхъ водорослях (см. гл. 16). Въ тѣхъ образованіяхъ, въ которыхъ собирается запасной матеріалъ для новой генераціи или для послѣдующаго вегетаціоннаго періода, какъ напр., въ сѣменахъ, корняхъ, клубняхъ, крахмалъ накопляется въ значительныхъ количествахъ. Эти образованія являются матеріаломъ для добыванія крахмала.

Въ такихъ мѣстахъ храненія запаснаго матеріала крахмалъ отлагается въ видѣ такъ называемыхъ крахмальныхъ зеренъ, которыя бываютъ невелики, круглой, эллиптической, овальной или полигональной формы. Величина ихъ, даже для одного и того-же рода крахмала, колеблется въ довольно широкихъ границахъ. Форма и общій видъ зеренъ у различныхъ растеній различны, при чемъ у каждаго растенія они настолько постоянны и характерны, что черезъ микроскопическое изслѣдованіе зеренъ можно опредѣлить ихъ происхожденіе. Часто зерна обнаруживаютъ концентрическую слоистость или вокругъ одного ядра, или вокругъ нѣсколькихъ, какъ напр., крахмальныя зерна картофеля и саго (рис. 31 на стр. 152); зерна иныхъ видовъ крахмала являются многогранными какъ напр., зерна рисоваго крахмала.

Въ такихъ случаяхъ склонны предполагать кристаллическое строеніе крахмальныхъ зеренъ, тѣмъ болѣе что они обнаруживаютъ двойное преломленіе. Однако, крахмалъ совершенно не кристаллизуется. Многогранныя формы зеренъ возникаютъ вслѣдствіе давленія ихъ другъ на друга.

По отношенію къ различнымъ растворителямъ въ крахмальныхъ зернахъ различаютъ внѣшній слой, состоящій изъ вещества, подобнаго клѣтчаткѣ, такъ называемой крахмальной клѣтчатки или фаринозы, и собственно содержимое зерна,—гранулезу. Однако, внѣшній слой зерна, его покровъ, не представляетъ собою какой-либо оболочки, отличной, по составу, отъ содержимаго зерна; онъ связанъ переходными слоями съ гранулезою, отличаясь отъ нея, повидимому, только своею большею плотностью и меньшимъ содержаніемъ воды.

Въ горячей водѣ крахмальныя зерна сильно взбухаютъ, ихъ оболочка лопается и взбухшее содержимое образуетъ клейкую, студенистую массу или, въ присутствіи большаго количества воды, мутную, трудно фильтрующуюся, не диффундирующую жидкость, такъ называемый крахмальный клейстеръ. Фильтрованный крахмальный клейстеръ вращаетъ вправо. При продолжительномъ кипяченіи его или при обработкѣ его различными реактивами онъ переходитъ въ растворенный крахмалъ. Къ пробамъ на сахаръ, крахмальный клейстеръ и растворимый крахмалъ относятся отрицательно; съ дрожжами крахмалъ не бродитъ. Очень чувствительною и

очень удобною для открытія крахмала является реакція съ іодомъ; какъ крахмальныя зерна, такъ и клейстеръ, и растворимый крахмалъ окрашиваются іодомъ (іодомъ, растореннымъ въ іодистомъ каліи,—растворъ Люголя) въ темный сине-фіолетовый цвѣтъ, съ образованіемъ синяго іодистаго крахмала *).

Всякій крахмалъ превращается при кипяченіи съ кислотами или при дѣйствіи на него діастатическихъ энзимовъ въ сахаръ. Этотъ процессъ осахариванія, являющійся очень важнымъ въ техническомъ и въ физіологическомъ отношеніи, разсматривается, какъ рядъ послѣдовательныхъ ступеней гидролитическаго расщепленія: сначала при этомъ возникаетъ растворимый крахмалъ, потомъ рядъ декстриновъ, далѣе мальтоза, наконецъ, виноградный сахаръ. Мы уже ранѣе указали, что при осахариваніи крахмала при посредствѣ животныхъ или растительныхъ энзимовъ, столь важныхъ въ физіологическомъ отношеніи, образуется преимущественно мальтоза, а не глюкоза.

Животный крахмалъ, а именно гликогенъ или печеночный крахмалъ,—амилоза, найденная въ печени позвоночныхъ впервые Клодъ—Бернаромъ и, почти одно-

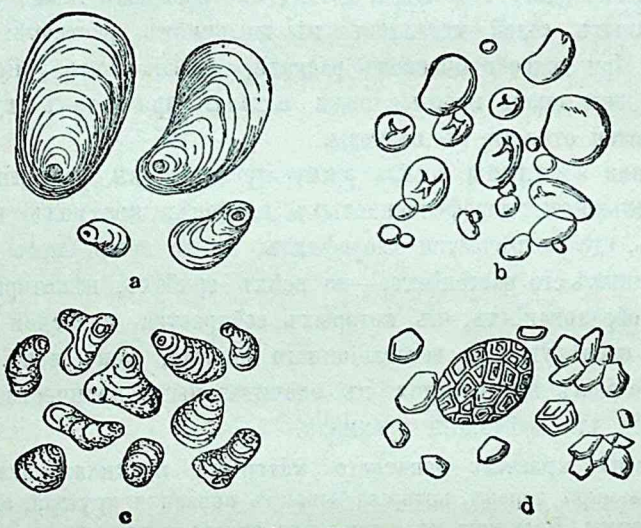


Рис. 31.
Крахмальныя зерна a—картофеля, b—ржи, c—саго, d—риса.

временно съ нимъ, Генземомъ, соотвѣтствуетъ, вѣроятно, формулѣ $(C_6H_{10}O_5)_6 + H_2O$. Гликогенъ находится въ особенно большихъ количествахъ въ печени хорошо упитанныхъ животныхъ и можетъ быть непосредственно открытъ въ печеночныхъ клѣткахъ, въ которыхъ онъ отлагается въ видѣ безформенныхъ зернышекъ или глыбокъ. Онъ встрѣчается также въ мышцахъ и другихъ тканяхъ, въ крови и прочихъ жидкостяхъ животнаго организма. Повидимому, онъ вообще содержится въ протоплазмѣ всѣхъ тѣхъ животныхъ клѣтокъ, которыя сохраняютъ способность къ развитію. Значительныя количества гликогена можно получать изъ нѣкоторыхъ мягкотѣлыхъ. Такъ напр., устрицы содержатъ до 10% гликогена, считая на сухое вещество ихъ тѣла. У другихъ мягкотѣлыхъ онъ встрѣчается еще въ большихъ количествахъ. Также и въ растительныхъ организмахъ встрѣчаютъ животный крахмалъ, какъ напр. въ плѣсневыхъ и слизевыхъ грибахъ, въ трюфелѣ, въ дрожжахъ.

По своему физіологическому значенію гликогенъ является запаснымъ матеріаломъ,

*) Синій крахмалъ представляетъ хорошій примѣръ диссоціаціи соединеній подъ вліяніемъ повышенія температуры. Если нагрѣть воду, въ которой находится синій іодистый крахмалъ, то это соединеніе распадается, и синяя окраска исчезаетъ. При охлажденіи іодъ вновь соединяется съ крахмаломъ и синяя окраска возстановляется. Опытъ этотъ можно повторить нѣсколько разъ съ тѣмъ-же результатомъ. Но постепенно синяя окраска дѣлается все слабѣе и слабѣе и, наконецъ, исчезаетъ совсѣмъ, потому-что іодъ при нагрѣваніи постепенно улетучивается.

который накопляется при избыточномъ питаніи, во время-же недостатка пищи потребляется, при продолжительномъ голоданіи онъ исчезаетъ почти совершенно.

Въ сухомъ состояніи гликогенъ представляется бѣлымъ, и, подобно растительному крахмалу, безвкуснымъ порошкомъ. Въ водѣ онъ растворяется, образуя опалесцирующую жидкость, сильно вращающую вправо. Съ іодомъ онъ окрашивается въ винно красный, красно бурый цвѣтъ. При кипяченіи съ разведенною сѣрною кислотою переходитъ въ виноградный сахаръ, при дѣйствіи діастатическихъ энзимовъ превращается въ мальтозу. Живыя клѣтки печени обладаютъ способностью превращать накопленный въ нихъ гликогенъ въ глюкозу.

9. Гидролизъ крахмала. Декстрины являются, какъ выше было упомянуто, промежуточными продуктами между крахмаломъ и глюкозою. Когда въ началѣ прошлаго столѣтія была открыта сахарификація крахмала, вызываемая кипяченіемъ съ разведенною сѣрною кислотою, тогда было констатировано, что при этой сахарификаціи сначала возникаетъ вещество, подобное аравійской камеди; это вещество, являющееся въ сухомъ состояніи въ видѣ бѣлаго аморфнаго порошка, растворяется въ водѣ въ прозрачную, тянущуюся нитями, липкую, слизистую жидкость; она вращаетъ плоскость поляризованнаго свѣта вправо, почему тѣло это и было названо декстриномъ. Этотъ декстринъ не есть какое-либо химически индивидуальное тѣло, но является смѣсью различнаго состава, что обнаруживается при испытаніи его растворомъ іода. При процессѣ осахариванія сначала возникаетъ растворимый крахмалъ; онъ окрашивается іодомъ въ синій или фіолетовый цвѣтъ. Далѣе образуется амилодекстринъ, который трудно отдѣлимъ отъ растворимаго крахмала и въ нѣкоторыхъ случаяхъ является идентичнымъ съ этимъ послѣднимъ, почему оба эти наименованія нѣкоторыми авторами употребляются, какъ равнозначущія; растворы амилодекстрина окрашиваются іодомъ въ фіолетовый цвѣтъ. Если расщепляющее дѣйствіе кислоты идетъ далѣе, то возникаетъ эритродекстринъ, который даетъ съ іодомъ красную окраску; онъ является главною составною частью продажнаго декстрина. Наконецъ образуются, какъ предшественники мальтозы, ахроодекстринъ и мальтодекстринъ; оба они не даютъ никакихъ цвѣтныхъ реакцій съ іодомъ. Соотвѣтственно совершающемуся расщепленію частицы крахмала, послѣдовательно возникаютъ продукты все съ меньшимъ и меньшимъ удѣльнымъ вращеніемъ.

Чистые декстрины не возстановляютъ щелочныхъ растворовъ солей металловъ, не бродятъ съ дрожжами. Ихъ способность къ диффузіи не велика. Нахожденіе декстриновъ въ мышцахъ и крови, какъ это утверждаютъ нѣкоторые, представляется сомнительнымъ. Хлѣбъ и пиво содержатъ довольно значительныя количества декстриновъ.

Клѣтчатка распространена повсюду въ растительномъ царствѣ. Она образуетъ органическую основу оболочекъ всѣхъ растительныхъ клѣтокъ. У молодыхъ клѣтокъ оболочка является тонкою и эластичною. Позднѣе она утолщается и обыкновенно претерпѣваетъ измѣненія, которыя извѣстны, какъ одеревененіе и окоркованіе; эти измѣненія повышаютъ устойчивость клѣтчатки по отношенію къ воздѣйствію химическихъ агентовъ. И въ животномъ мірѣ также встрѣчается клѣтчатка, какъ напр. въ мантіи оболочниковъ (Tunicata) и хитиновыхъ покровахъ насѣкомыхъ. Весьма чистую форму клѣтчатки представляютъ волокнистыя образованія растительнаго происхожденія, какъ напр. хлопокъ, льняныя волокна, волокна конопли и пр. Эти волокна обнаруживаютъ опредѣленное микроскопическое строеніе, столь характерное и столь устойчивое, что по микроскопическому изслѣдованію какого-либо волокна можно совершенно точно опредѣлить родъ его.

Изъ всѣхъ полисахаридовъ клѣтчатка (чистый хлопокъ, шведская фильтровальная бумага) представляется наиболѣе индифферентною по отношенію къ химическимъ агентамъ. Вода, холодная и горячая, разведенныя кислоты и основанія на нее не дѣйствуютъ. Только въ реактивѣ Швейцера,—амміачномъ растворѣ гидрата окиси мѣди,—она растворяется, не измѣняясь химически. Въ холодной концентрированной сѣрной кислотѣ она растворяется въ вязкую жидкость; если такой растворъ черезъ короткое время послѣ его приготовленія развести водою, то выдѣляется студенистая масса, такъ называемый амилоидъ, который красится іодомъ въ синій цвѣтъ; но если растворъ оставить стоять болѣе или менѣе долгое время, или если его нагрѣвать, то гидролитическое расщепленіе клѣтчатки идетъ до образованія декстриновъ и глюкозы. Поэтому является возможнымъ получать изъ древесины, лучше всего изъ опилковъ, сахаръ (глюкозу), а изъ него алкоголь. Реакція на амилоидъ служитъ обыкновенно для открытія клѣтчатки. Съ этой цѣлью смачиваютъ изслѣдуемый объектъ, который, конечно, долженъ быть свободенъ отъ крахмала,—какъ, напримѣръ, срѣзъ, полученный микротомически, растворомъ іода, при чемъ не полу-

чается никакой окраски, такъ какъ клѣтчатка сама не даетъ никакой цвѣтовой реакціи съ іодомъ; далѣе смазываютъ мѣсто, смоченное іодомъ, концентрированною сѣрною кислотою, — появляется синее окрашиваніе, указывающее на присутствіе клѣтчатки *).

Клѣтчатка, какъ и крахмалъ, имѣетъ эмпирическій составъ $(C_6H_{10}O_5)n$. Какъ велико n, неизвѣстно, но не можетъ быть сомнѣнія, что оно здѣсь больше, чѣмъ въ крахмальной частицѣ; это потому, что, какъ оказывается по наблюденіямъ надъ крахмальными зернами и клѣточными оболочками, клѣтчатка возникаетъ изъ крахмала, какъ продуктъ синтеза, и, наоборотъ, даетъ при своемъ расщепленіи, напр. при дѣйствіи сѣрной кислоты, крахмалъ (амилоидъ).

Если бы формула крахмала была $(C_6H_{10}O_5)_{20}$, — за что говорятъ нѣкоторые факты, — то формулу клѣтчатки можно было-бы принять равною $(C_6H_{10}O_5)_{30}$.

Діастатическіе энзимы не дѣйствуютъ ни на хлопчатую бумагу, ни на фильтровальную. Въ состояніи-ли онѣ осахаривать нѣжныя оболочки молодыхъ растительныхъ клѣтокъ, это еще не доказано, но, судя по даннымъ физіологіи питанія, представляется вѣроятнымъ.

Камеди (гумми) и пектиновыя вещества являются полисахаридами, распространенными почти исключительно въ растительномъ царствѣ; въ животномъ организмѣ ихъ встрѣчаютъ очень рѣдко. Камеди или близко къ нимъ стоящія растительныя слизи имѣютъ, вообще, составъ $(C_6H_{10}O_5)_n$, однако, въ иныхъ случаяхъ ихъ эмпирическій составъ представляется недостаточно установленнымъ. Въ водѣ онѣ растворяются въ вязкую, по большей части, трудно фильтрующуюся жидкость, или же только взбухаютъ въ ней. Сами по себѣ, эти тѣла не возстановляютъ солей металловъ; послѣ кипяченія съ разведенными кислотами они дѣлаются способными такъ же возстановлять, какъ сахаръ. Среди продуктовъ, возникающихъ при осахариваніи ихъ, найдены галактоза и арабиноза, альдегидъ-пентоза $(C_5H_{10}O_5)$.

Наиболѣе извѣстная камедь есть Gummi arabicum, высушенный сокъ нѣкоторыхъ африканскихъ и аравійскихъ акацій. Сюда-же принадлежатъ вишневая камедь или вишневый клей (вишневыхъ и сливныхъ деревьевъ) и Gummi tragacantha, трагантовая камедь, выдѣляемая различными представителями рода *Astragalus*. Изъ растительныхъ слизей мы укажемъ на слизь льняныхъ сѣмянъ и слизь айвы. Подъ пектиновыми веществами разумѣютъ вещества, отчасти растворимыя въ водѣ, отчасти нерастворимыя, образующія съ водою студень. Они получаются изъ соковъ зрѣлыхъ сладкихъ плодовъ (грушъ, яблокъ), мясистыхъ корней (морковь, свекла), а также коры деревьевъ. Составъ ихъ еще недостаточно выясненъ; по имѣющимся аналитическимъ даннымъ, онъ далеко не всегда согласуется съ обычною для углеводовъ формулою $(CH_2O)^m \pm {}^nH_2O$. Если мы тѣмъ не менѣе относимъ пектиновыя вещества къ углеводамъ, то мы опираемся при этомъ на то, что для одного истиннаго пектиноваго вещества, а именно метапектиновой кислоты $C_{12}H_{22}O_{11}$, точно указанъ переходъ его въ арабинозу.

10. Жиры, ихъ распространеніе и свойства. Углеводы, входя всегда въ составъ животнаго организма, составляютъ только небольшую часть массы этого послѣдняго, въ растеніяхъ же встрѣчаются въ значительныхъ количествахъ; жиры въ отношеніи ихъ распространенія представляютъ обратное. Это кажется тѣмъ болѣе удивительнымъ, что травоядныя животныя всегда принимаютъ съ пищею большія количества углеводовъ. Богатыми жиромъ представляются лишь немногія растенія, которыми и пользуются, какъ матеріаломъ для полученія жира. Оливковое масло, масло сѣмянъ хлопчатника, рапсовое масло, льняное, маковое, пальмовое и какаовое являются извѣстными растительными жирами. Жиръ растенія, если онъ встрѣчается у него въ значительномъ количествѣ, служитъ ему, подобно углеводамъ, запаснымъ матеріаломъ. Накопленіе большихъ или меньшихъ количествъ жира у животныхъ представляется гораздо болѣе обычнымъ, чѣмъ у растеній. У животныхъ жиръ отлагается, именно при болѣе или менѣе обильномъ питаніи, въ видѣ такъ называемой жировой ткани, состоящей изъ

*) Этотъ амилоидъ не должно смѣшивать съ веществомъ, появляющимся въ животномъ организмѣ при извѣстныхъ патологическихъ условіяхъ (при амилоидномъ перерожденіи); послѣднее также называется амилоидомъ, но оно содержитъ азотъ и причисляется къ альбуминоидамъ.

клѣтокъ, богатыхъ жиромъ и заложенныхъ въ соединительную ткань. При благопріятныхъ обстоятельствахъ жировая ткань достигаетъ такого развитія, что составляетъ, по вѣсу, значительную часть организма.

Растительные и животные жиры представляютъ въ чистомъ состояніи жидкія (масло), полутвердыя (сливочное масло, человѣческій жиръ) или твердыя (сало) тѣла, безъ вкуса и запаха, безцвѣтныя или слабо желтаго цвѣта. Они легче воды. Твердые жиры плавятся уже при умѣренномъ нагрѣваніи и въ расплавленномъ состояніи имѣютъ свойства маслъ. Въ водѣ они нерастворимы, въ горячемъ же крѣпкомъ алкоголѣ растворяются легко. Изъ охлажденныхъ алкогольныхъ растворовъ они вновь выдѣляются большею своею частью, причемъ тѣ изъ нихъ, которые способны къ кристаллизаціи, образуютъ кристаллическія массы. Наиболѣе легко они растворимы въ эфирѣ, петролейномъ эфирѣ, бензолѣ, хлороформѣ и сѣроуглеродѣ.

Названные растворители примѣняются тогда, когда требуется опредѣлить количество жира въ какой-либо растительной или животной ткани, пищевыхъ веществахъ или какихъ-либо другихъ веществахъ, содержащихъ жиръ. Для этой цѣли изслѣдуемое вещество прежде всего, если только, конечно, это возможно, совершенно высушивается нагрѣваніемъ въ сушильномъ шкафѣ; далѣе оно измельчается въ порошокъ и въ томъ или другомъ экстракціонномъ аппаратѣ до тѣхъ поръ обрабатывается эфиромъ, пока жиръ не извлечется совершенно. Если теперь удалить изъ полученнаго экстракта растворитель, то жиръ получается въ видѣ твердаго остатка. Изъ жидкостей, содержащихъ жиръ, этотъ послѣдній можетъ быть извлеченъ при тщательномъ, повторномъ взбалтываніи жидкости съ эфиромъ; при стояніи смѣси, въ сосудѣ, въ которомъ производилось взбалтываніе, образуются два рѣзко другъ отъ друга отграниченныхъ слоя, — верхній эфирный, и нижній водный; въ первомъ, отдѣленіе котораго не представляетъ трудностей, находится жиръ.

Вслѣдствіе высокаго содержанія углерода, жиръ является легко горючимъ матеріаломъ. Горитъ онъ свѣтящимся, сильно коптящимъ пламенемъ. Если жиръ нагрѣть, не зажигая его, до весьма высокой температуры, то онъ разлагается съ образованіемъ акролеина, который отличается рѣзкимъ запахомъ и сильнымъ, раздражающимъ дѣйствіемъ на слизистыя оболочки (запахъ пригорѣлаго сала).

11. Жировыя эмульсіи. Если жидкій или расплавленный жиръ сильно взбалтывать въ закрытомъ сосудѣ съ водою, то онъ разбивается на мельчайшія капельки, которыя остаются короткое время взвѣшенными въ жидкости и отдѣленными другъ отъ друга. По прекращеніи взбалтыванія, капельки начинаютъ всплывать кверху, и уже черезъ нѣсколько минутъ на поверхности воднаго слоя образуется слой жира, собравшагося здѣсь цѣликомъ. Но происходитъ совсѣмъ другое, если взбалтывать жиръ съ растворомъ гумми-арабика. Тогда онъ такъ равномѣрно распредѣляется въ видѣ мельчайшихъ частицъ по всей жидкости, что она принимаетъ молочный видъ и уже нѣтъ возможности отличить отдѣльныхъ капель простымъ глазомъ. Онѣ остаются долгое время взвѣшенными въ жидкости и, когда спустя нѣсколько часовъ онѣ медленно всплывутъ кверху, то оказываются лежащими одна возлѣ другой. Такая жидкость, которая содержитъ жиръ въ формѣ мельчайшихъ частичекъ, едва различимыхъ подъ микроскопомъ, называется жировой эмульсіей. Свойствомъ эмульгировать жиръ обладаютъ вообще тягучіе ложные растворы коллоидныхъ углеводовъ, бѣлковыхъ тѣлъ, клеевыхъ и слизистыхъ веществъ. Прекрасно также эмульгируютъ растворы мыла. Изъ этого ясно, почему при взбалтываніи натуральнаго жира со щелочами или растворомъ соды получаются довольно постоянныя эмульсіи: при дѣйствіи щелочи находящаяся въ жирѣ свободная кислота (смотри ниже о составѣ жировъ) образуетъ соль жирной кислоты, часть жира омыляется и образовавшееся мыло эмульгируетъ остальную часть жира. Очень благопріятными для эмульгированія жировъ оказываются условія, имѣющіяся въ кишкахъ высшихъ животныхъ, гдѣ желчь со своимъ щелочнымъ, слизистымъ характеромъ, а также сильно щелочной, расщепляющій жиры секретъ панкреатической железы помогаютъ другъ другу въ измѣненіи жировой пищи.

Естественныя жировыя эмульсіи — это молоко, яичный желтокъ, желтые и красные млечные соки многихъ растеній, содержащіе обыкновенно, кромѣ жира, каучукъ и смолы, точно также въ формѣ мельчайшихъ частицъ (*Chelidonium, Euphorbia, Papaver somniferum;* сгущенный млечный сокъ послѣдняго называется опіемъ).

12. Строеніе жировъ. Нейтральные жиры или просто жиры, встрѣчающіеся въ

организмахъ животныхъ и растеній, по своему строенію, представляютъ собою сложные эфиры высшихъ жирныхъ кислотъ. Какъ было сказано въ предыдущей главѣ (§ 12), сложный эфиръ образуется соединеніемъ кислоты со спиртомъ, причемъ выдѣляется вода:

$$CH_3COOH + C_2H_5OH = CH_3CO \,.\, O \,.\, C_2H_5 + H_2O.$$

Уксусно-этиловый эфиръ.

Уксусно-этиловый эфиръ состоитъ, такимъ образомъ, изъ кислотнаго и спиртоваго остатковъ, соединенныхъ посредствомъ кислорода. Въ большинствѣ жировъ одною изъ составныхъ частей бываетъ трехатомный остатокъ спирта глицерина $CH_2(OH) \,.\, CH(OH) \,.\, CH_2(OH)$— глицериловая группа $C_3H_5 \equiv$; другую часть составляютъ три остатка какой-нибудь высшей одноосновной кислоты жирнаго ряда. Возьмемъ для примѣра соединеніе, образованное изъ глицерина и стеариновой кислоты $C_{18}H_{36}O_2$; строеніе такого стеариново-глицериноваго сложнаго эфира выражается формулой:

$$C_3H_5 \begin{cases} O \,.\, C_{18}H_{35}O \\ O \,.\, C_{18}H_{35}O \\ O \,.\, C_{18}H_{35}O \end{cases}$$

или короче $C_3H_5(C_{18}H_{38}O_2)_3$. Этотъ эфиръ называютъ также нейтральнымъ стеариновымъ глицеридомъ или, принимая во вниманіе то, что онъ содержитъ три остатка стеариновой кислоты, тристеариномъ.

Если мы въ вышенаписанной формулѣ тристеарина остатки стеариновой кислоты будемъ замѣнять остатками другихъ кислотъ, какъ пальмитиновая $C_{16}H_{32}O_2$, олеиновая $C_{18}H_{34}O_2$, каприловая $C_8H_{16}O_2$, капроновая $C_6H_{12}O_2$, масляная $C_4H_8O_2$, то получимъ формулы сложныхъ эфировъ глицерина и этихъ кислотъ, т. е. формулы жировъ:

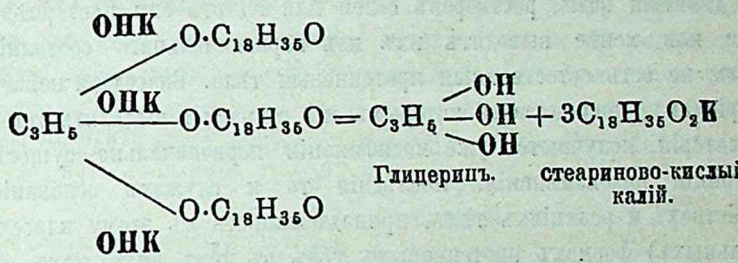
трипальмитинъ	$C_3H_5(C_{16}H_{31}O_2)_3$
триолеинъ	$C_3H_5(C_{18}H_{33}O_2)_3$
трикаприлинъ	$C_3H_5(C_8H_{15}O_2)_3$
трикапронинъ	$C_3H_5(C_6H_{11}O_2)_3$
трибутиринъ	$C_3H_5(C_4H_7O_2)_3$

Естественные растительные и животные жиры представляютъ собою въ большинствѣ случаевъ смѣсь тристеарина, трипальмитина и триолеина. Къ этимъ тремъ присоединяется еще въ отдѣльныхъ случаяхъ и другіе глицериды, какъ напр. въ молочномъ жирѣ (маслѣ) находится еще трикаприлинъ, трибутиринъ и трикапронинъ. Консистенція жира зависитъ отъ относительныхъ количествъ составныхъ частей. Чѣмъ больше находится твердыхъ глицеридовъ тристеарина и трипальмитина, тѣмъ плотнѣе жиръ (баранье и бычачье сало); если имѣется перевѣсъ жидкаго триолеина, тогда жиръ пріобрѣтаетъ характеръ масла (человѣческій жиръ съ 60% триолеина, на половину жидкій, прованское масло, заключающее свыше 70% триолеина, жидкое). Помимо глицеридовъ въ естественныхъ жирахъ находятся еще небольшія количества свободныхъ кислотъ, тѣхъ же самыхъ, которыя входятъ и въ составъ глицеридовъ.

Особый разрядъ жировъ составляютъ различные роды воска, спермацетъ и жиръ изъ шерсти. Въ составъ ихъ входятъ, кромѣ упомянутыхъ выше глицеридовъ, еще совершенно другіе эфиры жирныхъ кислотъ. Такъ въ пчелиномъ воскѣ находится церотиновая кислота $C_{27}H_{54}O_2$ и эфиръ пальмитиновой кислоты и мирициловаго спирта $C_{30}H_{61}(OH)$; въ китайскомъ воскѣ высшіе эфиры церотиновой кислоты; въ спермацетѣ, добываемомъ изъ жира въ головѣ кашалота, главнымъ образомъ, находится эфиръ пальмитиновой кислоты и цетиловаго спирта $C_{16}H_{33}(OH)$. Жиръ же изъ шерсти и, вообще, жиры, выдѣляемые кожею животныхъ и пристающіе къ кожнымъ образованіямъ (шерсть, волосы, перья, иглы, копыта), заключаютъ въ своемъ составѣ эфиры холестерина, ненасыщеннаго спирта $C_{27}H_{45}(OH)$; о немъ было упомянуто выше (см. гл. 9, § 13). Изъ шерсти добывается препаратъ богатый эфирами холестерина, такъ называемый ланолинъ, имѣющій большое примѣненіе въ приготовленіи медицинскихъ мазей. Жиры, содержащіе холестеринъ, отличаются отъ глицеридовъ своею боль-

шею устойчивостью по отношенію къ химическимъ агентамъ, главнымъ образомъ къ омыляющимъ средствамъ, вслѣдствіе чего они являются для защиты кожи и кожныхъ образованій болѣе соотвѣтствующими средствами, чѣмъ обыкновенные жиры.

13. Омыленіе. Жиры подобно полисахаридамъ, при дѣйствіи на нихъ перегрѣтаго пара или при кипяченіи ихъ со слабыми кислотами, расщепляются, присоединяя частицу воды, на свои составныя части, жирную кислоту и глицеринъ или жирную кислоту и какой нибудь другой высшій спиртъ. Сравнительно легче, чѣмъ водянымъ паромъ или кислотами, это гидролитическое расщепленіе производится кипяченіемъ со щелочами, напр., съ алкогольнымъ растворомъ ѣдкаго калія, или, лучше всего, съ щелочнымъ алкоголатомъ. При этомъ, конечно, получаются уже не свободныя жирныя кислоты, но ихъ калійныя или натронныя соли, т. е. мыла. Поэтому расщепленіе жировъ называется **омыленіемъ**. Реакцію можно представить слѣдующимъ уравненіемъ:



Щелочные соли жирныхъ кислотъ—обыкновенныя мыла—растворимы въ водѣ, щелочноземельныя же соли нерастворимы.

Терминъ «омыленіе» долженъ, собственно говоря, относиться только къ такимъ разложеніямъ жира, при которыхъ образуется соль жирной кислоты, т. е. мыло. Однако, подъ омыленіемъ понимается теперь всякое разложеніе сложнаго эфира на его составныя части. Итакъ, уксусно-этиловый эфиръ $CH_3.CO.O.C_2H_5$ «омыляется», если его разлагаютъ на уксусную кислоту и этиловый спиртъ.

Въ физіологическомъ отношеніи важно, что жиры могутъ омыляться дѣйствіемъ энзимовъ. Энзимы, расщепляющія жиры, находятся въ нѣкоторыхъ растеніяхъ, какъ напр., въ сѣменп рицинуса и льна, но самый извѣстный изъ нихъ это **стеапсинъ**, вырабатываемый панкреатической железой въ организмѣ высшихъ животныхъ и попадающій въ кишки вмѣстѣ съ секретомъ этой железы; онъ играетъ важную роль при перевариваніи жировъ.

Въ полутвердыхъ и жидкихъ жирахъ, если они оставлены при комнатной температурѣ при доступѣ воздуха, замѣчаются нѣкоторыя измѣненія, происходящія сами по себѣ, именно, жиры пріобрѣтаютъ кислую реакцію, перемѣняютъ свой цвѣтъ, получаютъ непріятный запахъ и вкусъ Тогда о жирахъ говорится, что они прогоркли. Что это очень легко случается лѣтомъ съ коровьимъ масломъ, извѣстно давно. Сущность этого превращенія состоитъ въ расщепленіи части жира и въ связанномъ съ нимъ дальнѣйшемъ разложеніи жирныхъ кислотъ. Появленіе свободныхъ кислотъ можно констатировать по запаху (масляная кислота), а также химическимъ путемъ. Причинъ возникновенія этого процесса мы точно не знаемъ. Были попытки поставить явленія прогоркапія въ зависимость отъ дѣятельности бактерій, но пока не существуетъ точныхъ доказательствъ этого предположенія.

14. Протеиновыя тѣла. Во введеніи къ этому отдѣлу мы указали на отношеніе протеиновыхъ тѣлъ къ углеводамъ и жирамъ. Теперь обратимся къ болѣе подробному описанію этихъ самыхъ важныхъ для физіологіи тѣлъ.

Названіе **протеиновыхъ тѣлъ** дается нѣкоторымъ, содержащимъ азотъ органическимъ соединеніямъ, встрѣчающимся во всѣхъ животныхъ и растительныхъ тканяхъ. По своему количеству и значенію тѣла эти представляютъ главнѣйшую составную часть всякой живой матеріи и съ ихъ присутствіемъ связаны всѣ явленія жизни. Какъ ни всесторонне были химически изслѣдуемы протеиновыя тѣла, тѣмъ не менѣе мы до сихъ поръ не въ состояніи дать точной ихъ характеристики и научно обоснованной систематики. Главною помѣхою этому служитъ то обстоятельство, что еще до сихъ поръ не удалось — за весьма

немногими исключеніями—получить отдѣльныя протеиновыя тѣла въ кристаллической формѣ. Уже одно только освобожденіе ихъ отъ сопровождающихъ минеральныхъ тѣлъ, какъ натрій, калій, кальцій, представляетъ часто непреодолимыя трудности. Несмотря на это, дѣлались частыя попытки опредѣлить молекулярный вѣсъ*) отдѣльныхъ протеиновыхъ тѣлъ. Получаемыя при этомъ величины колеблются въ большихъ предѣлахъ, такъ что не можетъ быть рѣчи о представленіи ихъ состава эмпирической формулой; мы только положительно знаемъ, что молекулярный вѣсъ протеиновыхъ тѣлъ долженъ быть весьма большимъ (8000—15000). Слѣдовательно, имѣется дѣло съ весьма сложно построенной молекулой.

Было бы, конечно, очень важно для физіологіи знать истинную природу этихъ тѣлъ въ томъ видѣ, въ какомъ они находятся въ живомъ организмѣ. Но, къ сожалѣнію, они тогда не доступны для химическихъ изслѣдованій, будучи весьма чувствительными по отношенію къ слабымъ даже физическимъ и химическимъ агентамъ. Уже при умѣренномъ нагрѣваніи, при дѣйствіи воды, растворовъ солей или спирта они претерпѣваютъ измѣненія, которыя болѣе или менѣе выводятъ ихъ изъ первоначальнаго состоянія. То, что мы изслѣдуемъ, уже не есть естественныя протеиновыя тѣла. Благодаря неизбѣжнымъ приготовительнымъ пріемамъ, посредствомъ которыхъ мы стараемся выдѣлить отдѣльныя составныя части живой матеріи, получаются уже модификаціи первоначально существующихъ тѣлъ, ихъ болѣе стойкія видоизмѣненія. Послѣднія то и служатъ основаніемъ для нашихъ свѣдѣній о свойствахъ и реакціяхъ тѣлъ, принадлежащихъ къ этому классу. О менѣе устойчивыхъ (лабильныхъ) формахъ протеиновыхъ тѣлъ въ томъ видѣ, какъ они находятся въ живой ткани, мы можемъ въ общемъ сказать только то, что они должны обладать бо́льшею способностью входить въ реакціи, чѣмъ тѣ, съ которыми имѣемъ дѣло мы. Вмѣстѣ съ тѣмъ, мы не можемъ выразить эту способность посредствомъ какой-нибудь формулы, хотя бы даже гипотетической.

Протеиновыя тѣла содержатъ безъ исключенія углеродъ, водородъ, кислородъ, азотъ, кромѣ того, многія изъ нихъ сѣру, нѣкоторыя фосфоръ, очень небольшая часть желѣзо, и только въ одномъ встрѣчается іодъ. Поэтому въ золѣ этихъ тѣлъ мы очень часто находимъ сѣрную кислоту, иногда фосфорную, рѣже окись желѣза; въ одномъ только случаѣ іодную щелочь. Присутствіе азота въ этихъ тѣлахъ даетъ себя знать тѣмъ, что тѣла эти, будучи сожигаемы, распространяютъ хорошо знакомый запахъ жженаго рога или перьевъ. Болѣе убѣдительная проба на азотъ Лассеня (Lassaigne) состоитъ въ томъ, что органическое, азотъ содержащее тѣло въ сухомъ видѣ нагрѣвается съ металлическимъ натріемъ, причемъ образуется ціанистый натрій, который уже легко открывается дѣйствіемъ желѣзнаго купороса + полуторохлористаго желѣза + соляной кислоты (образованіе берлинской лазури).

Въ сухомъ видѣ протеиновыя тѣла не мѣняются. Но въ присутствіи воды очень легко портятся. Отъ разложенія можно уберечь ихъ только стерилизаціей, т. е. кипяченіемъ или прибавленіемъ химическихъ агентовъ, вслѣдствіе чего они освобождаются отъ находящихся въ нихъ микроорганизмовъ, но и затѣмъ слѣдуетъ тщательно смотрѣть, чтобы они не пришли въ соприкосновеніе съ микробами. Будучи оставлены безъ этихъ предосторожностей, протеиновыя тѣла подвергаются гніенію вслѣдствіе жизнедѣятельности размножающихся въ нихъ микроорганизмовъ. При этомъ они постепенно подвергаются полному разрушенію. Между продуктами гніенія, которыхъ количество и характеръ мѣняются въ зависимости отъ

*) Протеиновыя тѣла не могутъ быть приведенными въ газообразное состояніе, они также не переносятъ, безъ измѣненія, температуры кипѣнія воды. Поэтому число методовъ для опредѣленія ихъ молекулярнаго вѣса является весьма ограниченнымъ. Могутъ быть производимы только опредѣленія съ пониженіемъ точки замерзанія, да, кромѣ того, можно еще получить нѣкоторыя указанія изъ сопоставленія анализовъ, какъ самыхъ протеиновыхъ тѣлъ, такъ и ихъ соединеній.

характера гніющаго тѣла, отъ возбудителей гніенія и отъ разныхъ побочныхъ обстоятельствъ, мы находимъ амміакъ, сѣроводородъ, индолъ, скатолъ, аминовыя основанія алифатическаго ряда, лейцинъ, тирозинъ, гликоколлъ и жирныя кислоты (ср. гл. 16 § 11 и гл. 17 § 10).

15. **Дѣленіе протеиновыхъ тѣлъ. Протеины.** Точно обоснованная систематика протеиновыхъ тѣлъ пока не можетъ быть установлена за недостаткомъ знаній относительно ихъ строенія. Но мы можемъ раздѣлить ихъ на группы, а послѣднія опять на подгруппы эмпирически, на основаніи ихъ процентнаго состава, ихъ реакцій и ихъ продуктовъ разложенія.

Мы различаемъ:

I. Протеины въ тѣсномъ смыслѣ слова, или бѣлковыя тѣла.

II. Протеиды.

III. Альбуминоиды.

I. **Протеины или бѣлковыя тѣла.** Это самыя важныя между протеиновыми тѣлами; главнымъ образомъ изъ нихъ построена живая матерія. Они всегда содержатъ сѣру, нѣкоторыя фосфоръ. Ихъ процентный составъ не постояненъ, но колеблется уже въ узкихъ сравнительно предѣлахъ. Для тщательно очищенныхъ бѣлковыхъ тѣлъ, т. е. по возможности освобожденныхъ отъ примѣси солей, найдены слѣдующія предѣльныя колебанія въ ихъ составѣ:

50	—55	% углерода
6,5	— 7,3	» водорода
19	—24	» кислорода
15	—18	» азота
0,3	— 2,4	» сѣры
0,4	— 0,85	» фосфора.

Изъ всѣхъ этихъ цифръ мы должны обратить главное вниманіе на количество азота: оно при нѣкоторыхъ условіяхъ служитъ намъ мѣрою количества протеиновъ, находящихся въ любомъ растительномъ или животномъ продуктѣ. При изслѣдованіяхъ обмѣна веществъ, о чемъ будетъ рѣчь впереди, всегда необходимо дѣлать опредѣленія количества бѣлка; если бы приходилось каждый разъ выдѣлять бѣлокъ изъ изслѣдуемаго матеріала, тогда получилась бы работа почти невыполнимая; вмѣсто этого дѣлаются обыкновенно опредѣленія азота, что не представляетъ особенныхъ трудностей съ аналитической точки зрѣнія. Бѣлковыя тѣла мяса содержатъ круглымъ числомъ 16% азота, изъ чего слѣдуетъ, что одинъ граммъ азота соотвѣтствуетъ $\frac{100}{16}$=6,25 грм. бѣлка. Поэтому, если мы опредѣлили въ данной пробѣ свѣжаго мяса количество азота, то слѣдуетъ это число помножить на 6,25 чтобы найти количество бѣлка.

Методы опредѣленія азота, которыя въ этихъ случаяхъ примѣняются, слѣдующіе:

1) Методъ Дюма. Вещество сожигается съ окисью мѣди въ трубкѣ изъ тугоплавкаго стекла, изъ которой воздухъ вытѣсненъ посредствомъ CO_2. Продукты сожиганія CO_2, H_2O и N проходятъ въ эвдіометръ, наполненный крѣпкимъ растворомъ ѣдкаго калія. CO_2 и H_2O поглощаются щелочью, собравшійся газъ представляетъ собою N анализируемаго вещества. По его объему легко опредѣлить его количество. Методъ даетъ самые точные результаты, но требуетъ много времени для своего производства, такъ что онъ рѣдко находитъ примѣненіе въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ нужно произвести много опытовъ.

2) Методъ Вилля и Варентраппа. Вещество смѣшивается съ натристою известью, и смѣсь нагрѣвается въ трубкѣ изъ тугоплавкаго стекла. N выдѣляется въ формѣ NH_3; послѣдній отводится въ пріемникъ, наполненный HCl. Изъ этой жидкости, въ которой NH_3 образовалъ NH_4Cl, посредствомъ хлористой платины осаждается NH_4Cl въ формѣ двойной платиновоамміачной соли $(NH_4)_2PtCl_6$. Осадокъ при прокаливаніи оставляетъ металлическую платину, по вѣсу которой можно опредѣлить искомое количество азота. *Способъ этотъ въ настоящее время не употребляется*.

4) Методъ Кьельдаля (Kjeldahl). При нагрѣваніи съ концентрированной сѣрной кислотой, содержащей P_2O_5, всѣ органическія азотъ содержащія вещества вполнѣ разрушаются; изъ N получается NH_3, который связывается кислотою. Когда разрушеніе кончено, кислота насыщается ѣдкимъ натріемъ, освобождающійся амміакъ отгоняется въ пріемникъ, наполненный нормальной кислотой, и количество его опредѣляется посредствомъ титрованія. Это самый удобный способъ

для опредѣленія азота во всѣхъ составныхъ частяхъ животнаго и растительнаго тѣла, во всѣхъ пищевыхъ продуктахъ, во всѣхъ секретахъ и выдѣленіяхъ. Производство его мало затруднительно и не требуетъ много времени.

Протеины, на основаніи своей относительной растворимости, могутъ быть раздѣлены на слѣдующія подгруппы:

1) альбумины,
2) глобулины,
3) нуклеоальбумины,
4) свернутыя бѣлковыя тѣла,
5) альбуминаты,
6) альбумозы,
7) пептоны.

Къ тремъ первымъ подгруппамъ принадлежитъ главная часть протеиновъ, находимыхъ въ тканяхъ и сокахъ растеній и животныхъ, откуда ихъ можно получить въ не особенно измѣненномъ видѣ, дѣйствуя осторожно нѣкоторыми реактивами. Альбумины, глобулины и нуклеоальбумины называются также нативными или естественными бѣлковыми тѣлами вслѣдствіе большого, сравнительно, сохраненія своихъ естественныхъ свойствъ; между тѣмъ какъ получаемыя изъ нихъ свернутыя бѣлковыя тѣла, альбуминаты, альбумозы и пептоны носятъ названіе денатурированныхъ бѣлковыхъ тѣлъ.

16. Подгруппы протеиновъ. 1) Альбумины растворимы въ водѣ. Но такъ называемыя бѣлковые растворы не представляютъ настоящихъ растворовъ; при фильтрованіи черезъ бумагу очень немного «растворенная» вещества переходитъ въ фильтратъ, такъ же какъ при фильтрованіи растворовъ крахмала или гумми. Если нейтральный водный растворъ альбуминовъ нагрѣть почти до кипѣнія, то альбумины свертываются или коагулируютъ.

При дѣйствіи кислотъ и щелочей альбумины переходятъ въ альбуминаты, затѣмъ альбумозы и окончательно въ пептоны.

Для альбуминовъ, какъ и для большого числа другихъ протеиновыхъ веществъ, существуютъ многочисленныя реакціи осажденія. Реактивами служатъ нѣкоторыя кислоты, соли металловъ, комбинаціи тѣхъ и другихъ вмѣстѣ, спиртъ. Уксусная кислота + желтая кровяная соль представляетъ собою одинъ изъ самыхъ распространенныхъ реактивовъ для качественнаго открытія бѣлка.

Какъ о самыхъ важныхъ представителяхъ альбуминовъ слѣдуетъ упомянуть о сывороточномъ альбуминѣ, находящемся въ крови, яичномъ, составляющемъ главную часть яичнаго бѣлка, о лактальбуминѣ, который вмѣстѣ съ казеиномъ представляетъ самый важный протеинъ молока.

2. Глобулины почти всегда находятся вмѣстѣ съ альбуминами. Въ крови и сокахъ животнаго организма содержаніе ихъ обыкновенно меньше содержанія альбуминовъ, въ растеніяхъ же, напротивъ, больше глобулиновъ; среди бѣлковъ мышцъ на ихъ долю приходится большая часть. Они нерастворимы въ водѣ, а только въ слабыхъ растворахъ нейтральныхъ солей щелочей. При насыщеніи ихъ растворомъ поваренной соли они выпадаютъ отчасти, при насыщеніи сѣрнокислой магнезіей осажденіе полное. (Обѣ эти соли альбуминовъ не осаждаютъ). При кипяченіи нейтральныхъ водныхъ растворовъ глобулины свертываются.

Къ числу глобулиновъ принадлежитъ: сывороточный глобулинъ, находящійся вмѣстѣ съ альбуминомъ въ крови; фибриногенъ, образующее вещество фибрина крови, имъ обусловливается свертываніе крови; глобулинъ (глобинъ) *) красныхъ кровяныхъ шариковъ, который, будучи связанъ химически съ гематиномъ, образуетъ при этомъ гемоглобинъ, красящее вещество крови; міозиногенъ, характерный глобулинъ мышечныхъ волоконъ. Наконецъ, по всей вѣроятности, къ нимъ слѣдуетъ причислить и іодъ содержащее бѣлковое тѣло щитовидной железы.

3. Нуклеоальбумины или ядерные бѣлки. Эти бѣлковыя тѣла находятся по преимуществу въ форменныхъ элементахъ, изъ которыхъ построены ткани, въ клѣткахъ **), рѣже они встрѣ-

---

*) *Глобинъ не представляетъ глобулина, а принадлежитъ къ особому разряду бѣлковыхъ тѣлъ, къ гистонамъ*.

**) О клѣткахъ, ихъ строеніи и физіологическомъ значеніи будетъ рѣчь впереди въ одной изъ слѣдующихъ главъ.

чаются въ тканевыхъ жидкостяхъ между клѣтками; въ самой же клѣткѣ ядро особенно богато нуклеоальбуминами. Жидкости, въ которыя попадаетъ матеріалъ разрушенныхъ клѣтокъ или которыя исключительно состоятъ изъ него, очень богаты ядернымъ бѣлкомъ. Типомъ такихъ жидкостей можетъ служить молоко; его нуклеоальбуминъ представляетъ казеинъ.

Нуклеоальбумины нерастворимы въ водѣ и въ слабыхъ растворахъ нейтральныхъ солей. Въ щелочахъ легко растворяются, выпадаютъ при дѣйствіи слабыхъ кислотъ. Это свойство позволяетъ намъ признать за нуклеоальбуминами кислотный характеръ. Ихъ можно разложить на альбуминъ и содержащій фосфоръ нуклеинъ. Различные нуклеины, выдѣленные съ помощью соотвѣтственныхъ реактивовъ изъ нуклеоальбуминовъ, обладаютъ настоящимъ кислотнымъ характеромъ. Количество фосфора въ нуклеинахъ колеблется въ предѣлахъ отъ 5 до 9%, между тѣмъ какъ въ казеинѣ составляетъ едва 0,85%. Въ золѣ нуклеиновъ находятся часто помимо фосфорной кислоты небольшія количества желѣза.

4. Свернутыя бѣлковыя тѣла. Всѣ нативные альбумины и глобулины, при нагрѣваніи ихъ нейтральныхъ или слабокислыхъ растворовъ, свертываются, т.-е. выдѣляются въ формѣ болѣе или менѣе грубыхъ волоконъ или въ видѣ сплошной компактной массы. Если растворъ богатъ бѣлкомъ, то онъ затвердѣваетъ вполнѣ *). Температура, при которой происходитъ свертываніе, различна для каждаго изъ способныхъ къ свертыванію протеиновъ. То же дѣйствіе, какъ и нагрѣваніе, производитъ прибавленіе крѣпкаго спирта. Затѣмъ существуетъ цѣлый разрядъ веществъ, которыя производятъ свертываніе только въ извѣстныхъ растворахъ бѣлка: это такъ называемые свертывающіе ферменты; къ нимъ принадлежитъ фибринъ — ферментъ, который изъ фибриногена выдѣляетъ плотную волокнину (фибринъ) и вслѣдствіе этого производитъ извѣстное явленіе свертыванія крови. Какого рода перемѣну испытываетъ молекула бѣлка при свертываніи, мы не знаемъ. Предполагаютъ, что этотъ процессъ сопряженъ съ выдѣленіемъ воды; тогда свернутый бѣлокъ былъ бы бѣлковымъ ангидридомъ. Но это только предположеніе. Во всякомъ случаѣ свертокъ или коагулумъ это денатурированный бѣлокъ. Онъ не обладаетъ растворимостью, какъ нативный бѣлокъ, и никакими реакціями не можетъ быть превращенъ въ нативный протеинъ, изъ котораго произошелъ. Кислоты, щелочи и такъ называемые пищеварительные ферменты растворяютъ свернутый бѣлокъ медленно и переводятъ его въ альбумозы и пептоны.

Къ свернутымъ бѣлкамъ принадлежитъ яичный бѣлокъ, свернутый жаромъ, фибринъ или волокнина крови и міозинъ, свернувшійся бѣлокъ мышцъ, образованіе котораго въ мертвыхъ мышцахъ служитъ причиною трупнаго окоченѣнія.

5. Альбуминаты. Подъ вліяніемъ минеральныхъ кислотъ и щелочей альбумины и глобулины легко денатурируются. Они образуютъ какъ съ кислотами, такъ и со щелочами солеобразныя соединенія, называемыя кислыми и щелочными альбуминатами.

Къ кислымъ альбуминатамъ принадлежитъ синтонинъ, получаемый изъ бѣлка мяса дѣйствіемъ слабой кислоты. Альбуминаты растворимы въ слабыхъ щелочахъ и кислотахъ; при нейтрализаціи растворовъ выпадаютъ. Они не свертываются при нагрѣваніи въ слабо кислыхъ или слабо щелочныхъ растворахъ.

6. Альбумозы. Умѣренное, не особенно долгое дѣйствіе минеральныхъ кислотъ переводитъ альбумины и глобулины въ тѣла, легко растворимыя, неспособныя больше свертываться. Подобно минеральнымъ кислотамъ, точно такъ же дѣйствуютъ на нихъ пищеварительные ферменты; къ этому мы вернемся еще. Весьма разнообразные продукты, получаемые тѣмъ или другимъ способомъ изъ нативныхъ бѣлковъ, называются общимъ именемъ альбумозъ. Въ большинствѣ случаевъ альбумозы представляютъ собою не модификацію бѣлка, а продукты его расщепленія.

Альбумозы обладаютъ нѣкоторою, впрочемъ, небольшою способностью къ диффузіи. По отношенію къ минеральнымъ кислотамъ выказываютъ основной характеръ, напр., могутъ связывать довольно значительныя количества соляной кислоты. Изъ растворовъ вполнѣ осаждаются сѣрнокислымъ аммоніемъ.

7. Пептоны. Пептоны образуются изъ нативныхъ и свернутыхъ бѣлковыхъ веществъ такимъ же образомъ, какъ и альбумозы; но для полученія ихъ необходимо, чтобы минеральныя кислоты или ферменты дѣйствовали на нихъ болѣе продолжительное время. Пептоны можно также получить дѣйствіемъ щелочей на бѣлковыя вещества.

По своему процентному содержанію пептоны особенно не отличаются отъ нативныхъ протеиновъ; ихъ нельзя считать видоизмѣненными бѣлками; это безъ сомнѣнія продукты расщепленія первоначальнаго вещества, что видно изъ того обстоятельства, что ихъ молекулярный вѣсъ гораздо ниже предполагаемаго вѣса бѣлковой частицы (около $^1/_{20}$ до $^1/_{10}$ послѣдняго).

*) См. гл. 7, § 6.

Пептоны легко растворимы въ водѣ. Черезъ животныя перепонки диффундируютъ гораздо легче, чѣмъ альбумозы. Подобно послѣднимъ образуютъ солеобразныя соединенія съ соляной кислотою. Не осаждаются изъ растворовъ при насыщеніи сѣрнокислымъ аммоніемъ *).

17. Гидролизъ бѣлковыхъ тѣлъ. Расщепленіе бѣлка, при процессѣ пептонизаціи, можетъ быть сравниваемо съ уже разсмотрѣннымъ осахариваніемъ крахмала. Въ обоихъ случаяхъ первоначально очень сложная молекула, при постоянномъ принятіи элементовъ воды и связанномъ съ этимъ отщепленіи небольшихъ атомныхъ комплексовъ, переходитъ въ болѣе просто построенныя молекулы. Процессъ подобенъ тому, который наблюдается при инверсіи дисахарида или при омыленіи жира, но только здѣсь вслѣдствіе величины бѣлковой и крахмальной частицы къ первому расщепленію можетъ примкнуть второе, ко второму третье, а къ этимъ, можетъ-быть, еще дальнѣйшія, прежде чѣмъ будутъ получены послѣдніе компоненты большой молекулы, къ которымъ въ концѣ концовъ приводитъ расщепленіе этого рода. Во вниманіе къ участію воды въ этомъ процессѣ расщепленія это называютъ гидролизомъ **) или гидролитическимъ расщепленіемъ. Какъ при осахариваніи крахмала, такъ и при пептонизаціи бѣлка, гидролизъ приводитъ къ болѣе или менѣе хорошо опредѣленнымъ промежуточнымъ продуктамъ; между крахмаломъ и сахаромъ стоятъ декстрины; между бѣлкомъ и пептономъ—альбумозы. Сообразно этому, отношеніе бѣлковыхъ тѣлъ къ гидролизу мы можемъ обозначить въ слѣдующихъ немногихъ словахъ:

Нативные бѣлки при извѣстныхъ условіяхъ подъ вліяніемъ дѣйствія минеральныхъ кислотъ, щелочей и опредѣленныхъ ферментовъ расщепляются; при этомъ сначала образуются альбумозы, при дальнѣйшемъ расщепленіи пептоны.

18. II. Протеиды. Подъ именемъ протеидовъ понимаютъ группу протеиновыхъ веществъ, представляющихъ соединеніе бѣлка съ извѣстными не бѣлковыми, но тоже сложно построенными органическими веществами.

Если подвергнуть протеиды расщепленію дѣйствіемъ минеральныхъ кислотъ, то изъ нихъ выдѣляются компоненты не бѣлковаго характера: углеводы (глюкозы), желѣзосодержащія красящія вещества (гематины) или такъ называемыя нуклеиновыя основанія. Поэтому протеиды дѣлятъ на

1) гликопротеиды,
2) гемоглобины и
3) нуклеопротеиды.

1. Гликопротеиды. Типическими представителями этой подгруппы являются муцины или слизистыя тѣла.

Муцины встрѣчаются въ отдѣленіи слюнныхъ железъ и бокальчатыхъ слизистыхъ клѣтокъ, а также въ сухожиліяхъ высшихъ животныхъ, въ кожѣ улитокъ (муцинъ улитокъ), въ слизистыхъ оболочкахъ лягушечьей икры. Въ растительномъ царствѣ они до сихъ поръ еще не были найдены. По своему составу они отличаются отъ бѣлковыхъ тѣлъ меньшимъ содержаніемъ углерода и особенно азота, такъ напримѣръ, муцинъ подчелюстной железы содержитъ 48,8% C, 6,8% H, 12,3% N, 0,84% S, 31,2%O.

Муцины имѣютъ кислотный характеръ. Въ водѣ они нерастворимы, но растворяются въ ней послѣ прибавленія даже очень небольшихъ количествъ ѣдкаго калія или натрія. Изъ этихъ растворовъ они осаждаются уксусною кислотою. Растворы склизки, сильно тянутся въ нити; при кипяченіи не свертываются.

При кипяченіи съ минеральными кислотами муцины расщепляются; бѣлковый компонентъ гидролизируется (пептонизируется), изъ другого же образуется подобное углеводу тѣло, редуцирующее, подобно виноградному сахару, соли нѣкоторыхъ металловъ.

---

*) Въ настоящее понятіе «пептонъ» является довольно неопредѣленнымъ.

**) Рядомъ съ «гидролизомъ» съ одинаковымъ значеніемъ употребляется также «гидратація». Мы считаемъ правильнѣе говорить о гидратаціи только тамъ, гдѣ существуетъ образованіе гидратовъ, т.-е. простое присоединеніе элементовъ воды, безъ расщепленія. Тамъ же, гдѣ есть основаніе предполагать расщепленіе, тамъ слѣдуетъ предпочитать выраженіе гидролизъ.

Кромѣ истинныхъ муциновъ извѣстенъ также цѣлый рядъ подобныхъ имъ тѣлъ, мукоидовъ и муцинсидовъ, отличающихся по своему отношенію къ нѣкоторымъ реактивамъ.

2. Гемоглобины. Встрѣчающееся въ крови позвоночныхъ животныхъ и многихъ безпозвоночныхъ содержащее желѣзо, красящее вещество гемоглобинъ, столь важный для процесса дыханія, представляетъ протеидъ. Онъ принадлежитъ къ числу тѣхъ немногихъ протеиновыхъ веществъ, которыя получены въ кристаллическомъ видѣ. Кристаллическая форма гемоглобина у различныхъ животныхъ позволяетъ замѣтить ясныя различія. Такъ какъ, кромѣ того, растворимость кристалловъ въ водѣ и ихъ количественный составъ различны, то мы можемъ принять, что существуютъ различные гемоглобины. Эмпирическія формулы, выведенныя изъ анализовъ хорошо выкристаллизованныхъ препаратовъ, обнаруживаютъ большія различія. Такъ для гемоглобина изъ лошадиной крови была выведена формула

$$C_{712}H_{1130}N_{214}O_{245}FeS_2,$$

для гемоглобина собаки

$$C_{758}H_{1203}N_{195}O_{218}FeS_3,$$

что отвѣчаетъ молекулярному вѣсу въ 16710 и 16669.

Гемоглобины легко растворяются въ водѣ, давая кровянокрасные растворы *). Если растворъ прокипятить или разбавить кислотою, то очень быстро появляется темно-бурая окраска: красящее вещество крови расщепилось на глобинъ и гематинъ. Послѣдній представляетъ желѣзосодержащую краску относительно простого состава $C_{32}H_{32}N_4FeO_4$.

Съ хлористоводородною кислотою гематинъ, при отщепленіи воды, образуетъ солеобразное соединеніе съ прекрасно выраженною способностью кристаллизоваться, геминъ $=C_{32}H_{30}N_4FeO_3.HCl$, полученіе котораго, при нѣкоторыхъ условіяхъ, представляетъ цѣнное вспомогательное средство для открытія крови (Тейхмановскіе кристаллы гемина). Глобинъ, другой компонентъ гемоглобина, представляетъ глобулинъ **), свободный отъ желѣза, способный свертываться: онъ составляетъ около 96% гемоглобина.

3. Нуклеопротеиды. Нуклеопротеиды, подобно нуклео-альбуминамъ, состоятъ изъ бѣлка и изъ содержащаго фосфоръ компонента. Но послѣдній въ протеидахъ отличается тѣмъ, что изъ него могутъ быть, при расщепленіи, получены органическія основанія, а именно ксантиновыя тѣла. Ихъ называютъ также нуклеиновыми основаніями; таковы:

Ксантинъ	$C_5H_4N_4O_2$
Гуанинъ	$C_5H_5N_5O$
Гипоксантинъ	$C_5H_4N_4O$
Аденинъ	$C_5H_5N_5$

Нуклеопротеиды особенно распространены въ ядрахъ животныхъ клѣтокъ. Изъ нихъ они сами или ихъ продукты расщепленія переходятъ въ тканевыя жидкости.

Согласно ихъ химическому характеру они должны быть обозначены, какъ кислоты. Съ щелочами они образуютъ растворимыя въ водѣ соли; изъ нейтральныхъ растворовъ они выпадаютъ при подкисленіи (уксусною к.).

Если обработать нуклеопротеидъ пепсино-хлористоводородною кислотою, жидкостью, переводящею бѣлки въ альбумозы и пептоны («переваривающею»), то бѣлковый компонентъ отщепляется и растворяется, содержащій же фосфоръ не измѣняется. Такимъ образомъ, удается получить послѣдній въ чистомъ видѣ, т. е. свободнымъ отъ бѣлка. Этимъ пріемомъ была изоли-

---

*) Окраска очень разведенныхъ растворовъ и не въ очень толстомъ слоѣ представляется блѣднорозовою. Если разсматривать свѣтъ, прошедшій черезъ такой слой въ спектроскопъ, то въ спектрѣ будутъ видны двѣ узкія полосы поглощенія между фраунгоферовыми линіями Д и Е, въ томъ случаѣ, если гемоглобинъ связанъ съ кислородомъ. Если-же онъ совершенно свободенъ отъ кислорода, то обнаруживается только одна, нѣсколько болѣе широкая полоса, лежащая въ промежуткѣ между первыми двумя полосами. При болѣе толстомъ слоѣ поглощенъ весь свѣтъ кромѣ краснаго. Неразведенная кровь даже въ тонкихъ слояхъ совершенно непрозрачна; въ очень тонкихъ слояхъ она показываетъ тѣже явленія, что и растворы гемоглобина. Эти оптическія свойства гемоглобина также какъ и характерные продукты его разложенія могутъ служить для отличія крови отъ другихъ красныхъ жидкостей въ тѣхъ случаяхъ, въ которыхъ нельзя видѣть красныхъ кровяныхъ тѣлецъ и нельзя привести химическаго доказательства гемоглобина.

**) Какъ указано выше, глобинъ относится къ особаго рода бѣлковымъ тѣламъ, къ гистонамъ.

рована изъ поджелудочной железы, лимфатическихъ железъ, бѣлыхъ кровяныхъ тѣлецъ, сѣмянныхъ клѣтокъ животныхъ и изъ другого матеріала эта, содержащая фосфоръ, составная часть клѣтки. Ее называютъ нуклеиномъ. Составъ и свойства этого тѣла мѣняются въ зависимости отъ источника его происхожденія; поэтому мы имѣемъ дѣло не съ однимъ нуклеиномъ, а съ группою нуклеиновъ. Содержаніе фосфора въ отдѣльныхъ нуклеинахъ колеблется между 3 и 10%; такъ

нуклеинъ изъ спермы лосося содержитъ 9,6% фосфора.
» » крови гуся » 6 —7% »
» » дрожжевыхъ клѣтокъ » 3,2—4 » »

Для всѣхъ настоящихъ нуклеиновъ является характернымъ то, что, при кипяченіи съ соляною кислотою, они даютъ нуклеиновыя основанія. Слѣдуетъ отличать отъ нихъ тѣ содержащіе фосфоръ компоненты, которые отщепляютъ нуклеоальбумины (казеинъ); изъ нихъ нуклеиновыя основанія не получаются. Эти послѣдніе—въ остальномъ подобныя нуклеинамъ составныя части клѣтки—обозначаютъ, какъ псевдонуклеины или парануклеины.

Нуклеины, какъ и псевдонуклеины часто содержатъ желѣзо.

19. Альбуминоиды. III. **Альбуминоиды.** Органическія вещества поддерживающихъ и покровныхъ образованій животнаго тѣла объединяютъ подъ именемъ альбуминоидовъ.

Альбуминоиды, безъ сомнѣнія, происходятъ изъ бѣлковъ, повидимому, только животное тѣло обладаетъ способностью строить ихъ изъ бѣлка; такъ какъ въ растеніяхъ они совершенно не встрѣчаются. По своему составу они существенно отличаются какъ другъ отъ друга, такъ и отъ ихъ источника происхожденія. Въ водѣ они нерастворимы, не растворяются они и въ индифферентныхъ жидкостяхъ или растворяется только, когда вполнѣ разрушены или довольно значительно видоизмѣнены.

Важнѣйшія подгруппы альбуминоидовъ слѣдующія:

1) Кератины,
2) Эластины
3) Коллагены.
4) Скелетины.

1. Кератины. Органическое основное вещество кожныхъ образованій, какъ, напр., ороговѣвшихъ клѣтокъ кожи, волосъ и перьевъ, шерсти, ногтей, роговъ и копытъ, а также черепахи состоитъ изъ кератина.

На основаніи элементарныхъ анализовъ тканей, состоящихъ изъ кератина, можно заключить, что существуетъ много кератиновъ. Всѣ они богаты сѣрой; содержаніе сѣры колеблется между 2 и 5%. Если кипятить кератинъ съ водою, то часть сѣры отщепляется. Растворителя для кератина не существуетъ. Хотя, при дѣйствіи напряженныхъ водяныхъ паровъ, также какъ и щелочей, онъ постепенно растворяется; но при этомъ онъ претерпѣваетъ довольно далеко идущее гидролитическое расщепленіе. Ткань, содержащая кератинъ, при сжиганіи на открытомъ огнѣ, развиваетъ хорошо знакомый запахъ горѣлаго рога. Среди продуктовъ расщепленія, возникающихъ при продолжительномъ кипяченіи съ минеральными кислотами, находятъ рядомъ съ другими продуктами довольно много лейцина и тирозина, съ которыми мы уже имѣли случай познакомиться, какъ съ продуктами разложенія бѣлковъ.

2. Эластины. Эластическія волокна въ томъ видѣ, какъ они часто встрѣчаются въ соединительной ткани, эластическихъ оболочкахъ и эластической ткани, состоятъ главнымъ образомъ изъ эластина. Больше всего находится его въ затылочной связкѣ (ligamentum nuchae) и въ стѣнкахъ большихъ артерій.

По своему составу эластинъ близко стоитъ къ бѣлковымъ тѣламъ, кромѣ содержанія сѣры, которое въ немъ очень незначительно. Эластинъ затылочной связки, повидимому, совершенно не содержитъ сѣры.

Различные эластины въ водѣ нерастворимы; они также индифферентны къ дѣйствію разведенныхъ кислотъ и щелочей. При дѣйствіи концентрированныхъ кислотъ и щелочей они растворяются, претерпѣвая разложеніе.

3. Коллагены. Въ тѣлѣ позвоночныхъ животныхъ коллагенъ или клей дающее вещество встрѣчается въ большомъ количествѣ. Оно составляетъ органическую основу костей, называемую оссеиномъ, хрящей и соединительной ткани.

Въ среднемъ онъ содержитъ 50, 75% C, 6,47% H, 17,86% N, 24,32% O и 0,60% S. Въ противоположность бѣлковымъ тѣламъ, изъ которыхъ онъ образуется, содержаніе въ немъ углерода въ среднемъ нѣсколько меньше, а кислорода нѣсколько больше, что говоритъ за то, что процессъ образованія коллагена изъ бѣлка связанъ съ окисленіемъ. Но это окисленіе въ то же

время должно сопровождаться расщепленіемъ; такъ какъ если разлагать коллагенъ продолжительнымъ кипяченіемъ съ кислотами, то среди продуктовъ разложенія находится много лейцина, но нѣтъ вовсе тирозина. Слѣдовательно, существующая въ бѣлкѣ тирозиновая группа должна, при этомъ превращеніи, отщепиться. Характернымъ продуктомъ расщепленія коллагена, рядомъ съ лейциномъ, является глико коллъ.

Въ водѣ, разведенныхъ кислотахъ и щелочахъ коллагенъ нерастворимъ, но растворяется въ пепсино-хлористо-водородной кислотѣ. Въ разведенныхъ кислотахъ онъ разбухаетъ.

При болѣе продолжительномъ кипяченіи съ водою онъ превращается въ глутинъ или клей *(colla)*. Этотъ процессъ, можетъ быть, представляетъ простую гидратацію, простое присоединеніе элементовъ воды. Повидимому, нагрѣваніемъ до 130° можно обратно превратить клей въ коллагенъ.

Въ холодной водѣ клей разбухаетъ, не растворяясь въ ней; въ горячей водѣ онъ растворяется, образуя клейкую, тянущуюся въ нити жидкость, застывающую при охлажденіи въ студень или, какъ говорятъ, желатинирующую. Клеевые растворы не диффундируютъ. Кипяченіемъ съ разведенными минеральными кислотами клей измѣняется подобно бѣлку, онъ гидролитически расщепляется; изъ него образуются, подобныя альбумозамъ и альбуминъ-пентонамъ, глютозы (желатозы) и клеевые пептоны. Подобное же измѣненіе производитъ обработка пепсино-хлористо-водородною кислотою.

4. Скелетины. Къ скелетинамъ причисляютъ цѣлый рядъ различныхъ альбуминоидныхъ тѣлъ, составляющихъ органическую основу покровныхъ и защитительныхъ образованій извѣстныхъ безпозвоночныхъ животныхъ. Они стоятъ съ бѣлковыми тѣлами въ извѣстномъ генетическомъ отношеніи, бѣднѣе ихъ углеродомъ (46—50%) и значительно богаче кислородомъ (24—28%). Къ водѣ и разведеннымъ кислотамъ и щелочамъ въ общемъ относятся индифферентно, при кипяченіи съ разведенными кислотами они гидролитически расщепляются или разлагаются дальше. Ихъ продукты расщепленія или разложенія подобны продуктамъ, получаемымъ изъ бѣлковыхъ тѣлъ: пептонообразныя тѣла, лейцинъ, тирозинъ, гликоколлъ.

Такъ какъ до сихъ поръ они еще недостаточно изслѣдованы, да, кромѣ того, для нѣкоторыхъ изъ нихъ принадлежность къ протеиновымъ тѣламъ еще представляется сомнительною или даже прямо неправдоподобною, то мы здѣсь только кратко назовемъ важнѣйшіе изъ нихъ:

Спонгинъ, органическое вещество губокъ (ихъ роговаго или спонгиноваго скелета).

Конхіолинъ, встрѣчается въ раковинахъ моллюсокъ.

Корнеинъ, органическое вещество скелета нѣкоторыхъ коралловъ.

Фиброинъ и серицинъ, оба являются главнымъ составными частями сырого шелка.

Хитинъ, особенно распространенъ среди членистоногихъ, напр., въ панцырѣ ракообразныхъ, въ кожномъ скелетѣ насѣкомыхъ. Можно ли вообще причислить хитинъ къ альбуминоидамъ, весьма невѣроятно; по его продуктамъ расщепленія онъ сюда не относится. При дѣйствіи сильной соляной кислоты онъ распадается на содержащій азотъ сахаръ—глюкозаминъ $C_6H_{11}O_5 . NH_2$ и уксусную кислоту.

ОДИННАДЦАТАЯ ГЛАВА.

Общій обзоръ жизненныхъ явленій.

1. Млекопитающія. Тотъ матеріалъ, который мы разсмотрѣли доселѣ, нисколько не знакомитъ насъ съ жизненными явленіями, протекающими въ живыхъ организмахъ. Исходя изъ мнѣнія, что въ жизненныхъ явленіяхъ того или другого организма безусловно главными являются физическія и химическія свойства той живой матеріи, изъ которой сложенъ данный организмъ, мы постарались прежде всего наиболѣе полно познакомиться съ этою стороною дѣла. Чтобы изучить сами жизненныя явленія, мы должны наблюдать живые организмы во время ихъ жизни. Но такъ какъ жизненныя явленія протекаютъ не у всѣхъ живыхъ существъ одинаковымъ образомъ, то, чтобы ознакомиться съ жизненными явленіями вполнѣ, намъ пришлось бы всѣ живыя существа подвергать сравнительнымъ наблюденіямъ того или

другого рода. Такая **сравнительная физіологія** не только весьма затруднительна, но въ полномъ видѣ и неосуществима, такъ какъ жизненныя явленія у многихъ живыхъ существъ въ настоящее время еще не достаточно выяснены. Поэтому я считаю цѣлесообразнымъ сначала разъяснить въ общихъ чертахъ, въ видѣ примѣра, задачу физіологическаго изслѣдованія, путемъ разбора жизненныхъ явленій, протекающихъ или у какого-либо одного, опредѣленнаго, живого организма, или у цѣлой группы организмовъ, близкихъ между собою по своимъ существеннымъ свойствамъ. Установивъ такимъ образомъ исходную точку, мы будемъ тогда имѣть возможность сравнить жизненныя явленія, отмѣченныя нами у изслѣдованныхъ нами организмовъ, съ таковыми же другихъ и указать могущія быть тѣ или другія отклоненія.

Спрашивается, какое живое существо мы должны выбрать для указанной цѣли изъ тѣхъ многихъ, которыя намъ извѣстны? По нѣкоторымъ соображеніямъ, было бы раціональнѣе сначала подвергнуть наблюденіямъ такія формы, которыя по своему строенію являются простѣйшими. Но именно у этихъ организмовъ многія важныя жизненныя явленія или съ большимъ трудомъ поддаются наблюденію, или даже совершенно ускользаютъ отъ непосредственнаго изслѣдованія; объ этихъ явленіяхъ можно судить только по аналогіи, насколько они выяснены на другихъ организмахъ. Если же выбрать высокоорганизованное существо, напр., человѣка, то хотя и встрѣчается затрудненіе въ томъ отношеніи, что значительная часть его жизненныхъ процессовъ протекаетъ внутри его тѣла, такъ что не подлежитъ непосредственному наблюденію; но такіе пробѣлы въ наблюденіяхъ могутъ быть пополнены другими путями, въ особенности при помощи изслѣдованія животныхъ, стоящихъ по своему анатомическому строенію столь близко къ человѣку, что сдѣланныя на нихъ наблюденія могутъ быть перенесены и на него.

По своему анатомическому строенію человѣкъ принадлежитъ къ млекопитающимъ, и его жизненные процессы протекаютъ такимъ же образомъ, какъ и у другихъ млекопитающихъ. Поэтому все равно какое млекопитающее выбрать для предварительнаго изслѣдованія. Совершенно внѣшнія причины какъ, напримѣръ, легкость полученія животнаго, и т. п. склоняютъ выборъ въ пользу кролика. Полученныя данныя, могутъ быть цѣликомъ отнесены къ каждому млекопитающему; во многихъ существенныхъ чертахъ они являются характерными для каждаго позвоночнаго животнаго, такъ какъ млекопитающія представляютъ собою одинъ изъ отдѣловъ послѣднихъ, имѣющихъ, вообще, много общаго въ анатомическомъ и физіологическомъ отношеніяхъ.

Ознакомленіе съ жизненными явленіями того или другого животнаго не осуществимо безъ точнаго знанія анатомическаго строенія его. Поэтому, въ этой главѣ мы дадимъ краткій очеркъ анатомическаго строенія млекопитающихъ и краткій обзоръ физіологическихъ явленій, свойственныхъ этимъ послѣднимъ. Ближайшимъ объектомъ намъ послужитъ кроликъ, причемъ мы будемъ попутно указывать на аналогичныя данныя, касающіяся человѣка.

Тѣло кролика покрыто плотною, крѣпкою кожею, богатою волосами. Хотя не всѣ млекопитающія имѣютъ столь равномѣрно развитой волосистый покровъ—мѣхъ, однако наличность волосъ на тѣхъ или другихъ участкахъ кожи является характернымъ для всѣхъ этихъ животныхъ. Мы можемъ опредѣлить млекопитающихъ, какъ позвоночныхъ животныхъ, имѣющихъ волосы. Другія свойства, какъ, напримѣръ, рожденіе живыхъ дѣтенышей, которыя прежде входили въ характеристику млекопитающихъ, можно оставить въ сторонѣ, такъ какъ они не являются общими для всѣхъ нихъ (см. гл. 2 § 5).

Если мы можемъ у какого либо животнаго, какъ напр., у кролика, уже снаружи различать тѣ или другіе отдѣлы тѣла, именно голову, ноги и пр., то мы именуемъ ихъ **частями тѣла** или **членами**. Анатомическое изслѣдованіе внутренностей животныхъ указываетъ намъ, что онѣ состоятъ изъ отдѣльныхъ, хорошо между собою раз-

граничныхъ частей,—сердца, печени, мышцъ, костей и пр.; эти отдѣльныя части внутренностей называются органами *). Болѣе точное изслѣдованіе послѣднихъ, въ особенности при помощи микроскопа, выясняетъ намъ, что онѣ состоятъ изъ опредѣленнаго числа—такъ называемыхъ тканей, которыя мы, впредь до дальнѣйшаго будемъ разсматривать, какъ конечныя составныя части тѣла. Составъ тканей при жизни ихъ мѣняется, но ткани обладаютъ способностью возстановлять свой обычный составъ.

Кроликъ, взятый нами для примѣрнаго изслѣдованія, имѣетъ слѣдующія внѣшнія части тѣла: голову, шею, туловище, хвостъ и ноги или конечности. Туловище раздѣлено внутреннею перегородкою, незамѣтною извнѣ, такъ называемою діафрагмою или грудо-брюшною преградою, на грудную и брюшную области. Всѣ названныя части мы встрѣчаемъ также и у другихъ млекопитающихъ; впрочемъ, не у всѣхъ онѣ въ одной и той же степени обособлены. Границы между головою, шеею, грудью и животомъ иногда неявственны; также и конечности у иныхъ млекопитающихъ образованы далеко не совершенно и не полно.

Далѣе кроликъ обнаруживаетъ полную боковую симметрію, т. е. если мы раздѣлимъ животное въ продольномъ направленіи, по средней плоскости, то получимъ двѣ половины, соотвѣтствующія другъ другу такъ, какъ предмету соотвѣтствуетъ его зеркальное отраженіе. Для внѣшнихъ частей тѣла и для многихъ парныхъ внутреннихъ органовъ означенная симметрія является почти геометрически совершенною. Но, вмѣстѣ съ тѣмъ, есть органы, которые встрѣчаются въ тѣлѣ только въ единственномъ числѣ, равно какъ существуютъ такіе, которые представляются парными, но не обнаруживаютъ по отношенію другъ къ другу какой либо болѣе или менѣе полно выраженной симметріи. Итакъ животное состоитъ, если отвлечься отъ указанныхъ незначительныхъ отклоненій, — изъ двухъ половинъ, въ существенныхъ чертахъ между собою одинаковыхъ, — правой и лѣвой. Кромѣ того, мы можемъ отличить на животномъ головной и хвостовой концы, брюшную и спинную поверхности. **)

2. Анатомія кролика. Мы разрѣзываемъ, чтобы обнаружить внутренности, кожу на брюшной сторонѣ, по средней линіи, не затрагивая внутреннихъ органовъ. Мы начинаемъ на шеѣ, непосредственно у подбородка, и ведемъ разрѣзъ по направленію къ хвостовому концу, до заднепроходнаго отверстія. На шеѣ мы находимъ подъ кожею мягкія части, на груди — такъ называемую грудную кость (*sternum*). На животѣ мы встрѣчаемъ мало сопротивленія; чтобы не повредить внутреннихъ брюшныхъ органовъ, мы приподнимаемъ легко подвижные брюшные покровы и разрѣзываемъ ихъ по средней линіи: такимъ путемъ мы проникаемъ въ обширную полость (брюшную полость, abdomen), гдѣ лежатъ брюшныя внутренности. Эта полость отдѣлена діафрагмою (грудобрюшною прегадою) отъ грудной полости.

Теперь мы отдѣляемъ кожу и часть мягкихъ частей, лежащихъ подъ нею, вправо и влѣво, дѣлая плоскіе разрѣзы; мы находимъ, что подлѣ грудины, съ той и другой ея стороны, лежатъ въ извѣстномъ числѣ костяныя образованія, идущія въ поперечномъ направленіи, — ребра (*costae*), связанныя съ грудною костью болѣе мягкими образованіями (реберными хрящами). Перерѣзываемъ прикрѣпленія діафрагмы къ грудной кости и къ нижнимъ ребрамъ, потомъ сами

---

*) Истинное значеніе этого наименованія, равно какъ и названіе «организмъ» болѣе выяснится при послѣдующихъ разъясненіяхъ.

**) Чтобы быть въ состояніи точно обозначать положеніе отдѣльныхъ частей или органовъ тѣла по отношенію другъ къ другу, ввели въ употребленіе цѣлый рядъ искусственныхъ выраженій, которыя такъ выбираются, чтобы они могли быть примѣнимы для возможно большей группы живыхъ организмовъ. При описаніи человѣческаго тѣла часто пользуются обозначеніями «вверху, внизу, впереди, позади», причемъ человѣкъ представляется въ вертикальномъ положеніи. Эти выраженія не совсѣмъ подходящи для млекопитающихъ, ходящихъ на четырехъ ногахъ; еще менѣе для другихъ животныхъ, строеніе которыхъ еще болѣе отклоняется отъ строенія человѣка. Удобнѣе тѣ обозначенія, которыя производятся отъ опредѣленныхъ, легко находимыхъ частей тѣла. Поэтому различаютъ головной или оральный конецъ, хвостовой или аборальный, спинную или дорсальную и брюшную или вентральную стороны. Плоскость разрѣза, по которой животное разсѣкается на двѣ равныя половины, называется срединною плоскостью; все то, что лежитъ въ сторонѣ отъ названной плоскости, называется боковымъ (латеральнымъ), причемъ различаютъ правую сторону животнаго и лѣвую. Въ тѣхъ частяхъ тѣла, которыя имѣютъ вытянутую форму, различаютъ ближайшій къ туловищу конецъ, — проксимальный и отдаленный, — дистальный. Этихъ выраженій достаточно, чтобы ориентироваться при послѣдующихъ описаніяхъ положеній различныхъ частей тѣла.

ребра (съ помощью особыхъ ножницъ) и удаляемъ всю брюшную стѣнку груди, состоящую изъ грудины и прилегающихъ частей реберъ, а также и брюшныя стѣнки живота.

Сдѣлаемъ теперь общій обзоръ внутренностей, лежащихъ въ грудной и брюшной полостяхъ настолько, насколько онѣ не прикрыты другими частями. Чтобы видѣть глубже лежащія внутренности, мы должны удалить или сдвинуть въ стороны тѣ изъ нихъ, которыя находятся поверхностнѣе. Прежде всего, на шеѣ мы замѣчаемъ бѣловатое, твердое тѣло, — гортань (*larynx*) (2); отъ нея идетъ прямая трубка — дыхательное горло (*trachea*) (3), соединяющееся въ грудной полости съ обоими легкими (*pulmones*) (7, 16). Между легкими мы видимъ сердце (*cor*) (6). Въ брюшной полости мы замѣчаетъ желудокъ (*ventriculus*) (10), подлѣ него печень (*hepar*) (9), отчасти прикрывающую его; наконецъ, извитую кишку (*intestinum*), выполняющую большую часть брюшной полости; въ ней мы различаемъ тонкую кишку (11) и толстую (14). Вблизи заднепроходнаго отверстія лежитъ мочевой пузырь (*vesica urinaria*) (13). Если мы поднимемъ нѣсколько вверхъ извитыя кишечныя петли, то мы замѣтимъ, что онѣ стоятъ въ непосредственной связи съ желудкомъ и что онѣ прикрѣплены къ спинной поверхности брюшной полости при посредствѣ тонкой, прозрачной перепонки, — брыжейки (*mesenterium*). Тогда мы можемъ видѣть также и почки (*renes*), отъ которыхъ идутъ къ мочевому пузырю, два тонкихъ, трубкообразныхъ ствола, — мочеточники (*ureteres*); потомъ двѣ трубки содержащія-кровь, — *aorta abdominalis* и *vena cava ascendens;* наконецъ, два тонкіе сѣровато-бѣлые шнура, которые принадлежатъ нервной системѣ, — часть такъ называемаго *n. sympathicus*. Сдѣлавъ этотъ болѣе или менѣе поверхностный обзоръ, мы обратимся къ ознакомленію съ разрѣзомъ,

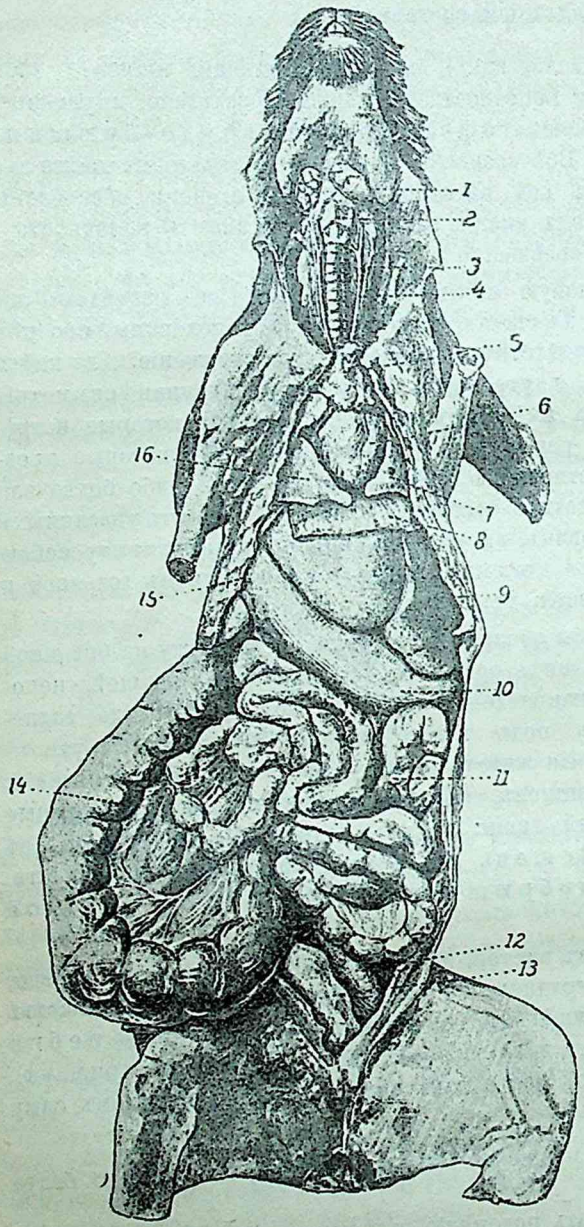


Рис. 32.

Внутренности кролика, видимыя со стороны брюшной поверхности. Кожа и поверхностныя части отчасти удалены; грудная и брюшная полости открыты черезъ удаленіе грудной кости, переднихъ частей реберъ и передней стѣнки живота; толстая кишка передвинута вправо, чтобы сдѣлать видимою тонкую кишку. Приблизительно $^4/_{10}$ естественной величины.

1 — Подчелюстная слюнная железа; 2 — гортань; 3 — дыхательное горло; 4 — лѣвая сонная артерія (*art. carotis*), подлѣ нея *nervus vagus*; 5 — жировая ткань, подъ которою лежатъ грудная железа (*thymus*) и дуга аорты; 6 — сердце; 7 — лѣвое легкое; 8 — діафрагма, которая прикрѣплена къ грудной кости и нижнимъ ребрамъ; вслѣдствіе удаленія этихъ послѣднихъ она перерѣзана; 9 — печень (у кролика всегда очень большая); 10 — желудокъ, большею частью прикрытый печенью; 11 — тонкая кишка, весьма длинная, многократно извитая; 12 — прямая кишка (*rectum*); 13 — мочевой пузырь; 14 — сдвинутая вправо толстая кишка (подлѣ видна часть брыжейки, натянутой вслѣдствіе сдвига кишки); 15 — разрѣзъ ребра; 16 — правое легкое.

дѣлаемымъ по срединной линіи такимъ образомъ, что или распиливаютъ пилою, по срединной плоскости, замороженный трупъ, или разрѣзываютъ ножемъ, по означенной плоскости, трупъ совершенно молодаго животнаго, причемъ трупъ предварительно такъ обрабатывается различными реагентами, что онъ становится по своей консистенціи удобнымъ для такого рода разрѣзовъ *).

*) Трупъ обработывается такими реагентами, что, съ одной стороны, мягкія части его

На такихъ разрѣзахъ мы прежде всего замѣчаемъ рядъ твердыхъ тѣлъ (рис. 33, 8), которыя, находясь ближе къ спинной поверхности животнаго, чѣмъ къ брюшной, слѣдуютъ въ опредѣленномъ порядкѣ другъ за другомъ, залегая въ шейной, туловищной и хвостовой частяхъ животнаго. Къ каждому изъ этихъ тѣлъ примыкаетъ съ спинной поверхности еще такой же твердый кусокъ; формы этихъ добавочныхъ кусковъ представляются на нашемъ разрѣзѣ различными (9). Оба ряда этихъ твердыхъ образованій представляютъ собою разрѣзы костей, изъ которыхъ каждая, разсматриваемая сама по себѣ, есть родъ кольца; часть кольца, обращенная къ брюшной поверхности тѣла животнаго, является болѣе развитою (тѣло); тыльная часть кольца называется дугою. Сами кольца именуются позвонками (*vertebrae*). Черезъ соединеніе позвонковъ образуется позвоночный столбъ (*columna vertebralis*). На рис. 34 мы имѣемъ одинъ изъ позвонковъ человѣка, представленный съ верхней и боковой сторонъ. Наличность позвоночника характерна для всѣхъ позвоночныхъ животныхъ, откуда и проистекаетъ самое наименованіе этихъ послѣднихъ. Дуги всѣхъ позвонковъ образуютъ, вмѣстѣ взятые, костяной каналъ, невполнѣ замкнутый, позвоночный каналъ (*canalis vertebralis*). На оральномъ концѣ позвонки соединены съ извѣстнымъ количествомъ костей, которыя всѣ

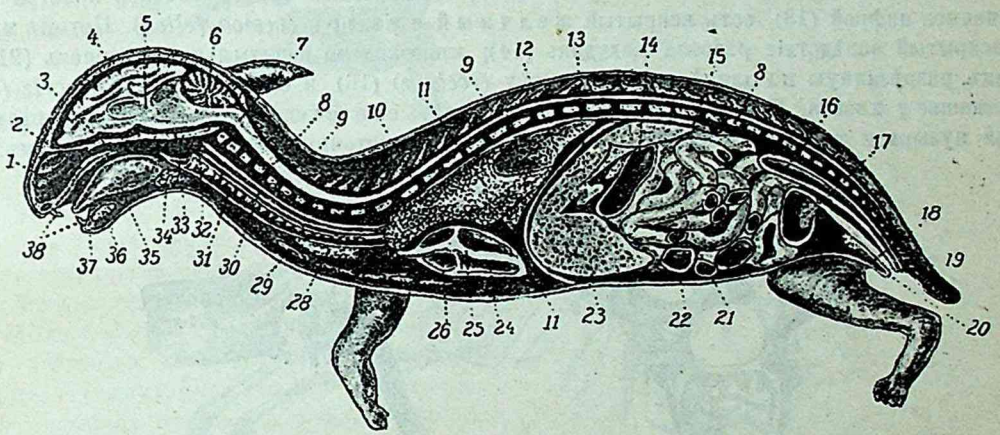


Рис. 33.—Срединный разрѣзъ черезъ (молодого) кролика, немного схематизированный, въ $^1/_2$ натуральной величины: 1) правая носовая полость съ носовыми раковинами (носовая перегородка удалена съ лѣвой половины тѣла); 2) твердое небо (перегородка между носовою и ротовою полостью); 3) основаніе черепа; 4) черепная крышка; между обоими черепная полость, въ которой лежитъ мозгъ; 5) большой мозгъ; 6) мозжечекъ; 7) продолговатый мозгъ; 8) разрѣзъ черезъ тѣла позвонковъ; 9) разрѣзы черезъ остистые отростки позвонковъ; 10) спинной мозгъ; 11) легкое; 12) діафрагма; 13) желчный пузырь; 14) желудокъ; 15) брюшная аорта; 16) прямая кишка; 17) мочевой пузырь; 18) мочеиспускательный каналъ; 19) заднепроходное отверстіе; 20) мочеполовое отверстіе; 21) тонкая кишка (вслѣдствіе изгибовъ ея разрѣзъ прошелъ въ нѣсколькихъ мѣстахъ); 22) толстая кишка; 23) печень; 24—26) сердце; 28) грудная железа; 29) (и слѣдующія подобныя части) разрѣзъ отдѣльныхъ костей, изъ которыхъ у молодыхъ животныхъ состоитъ грудная кость; 30) пищеводъ; 31) дыхательное горло; 32) глотка; 33) гортань; 34) слюнная железа; 35) языкъ; 36) разрѣзъ нижней челюсти; 37) нижняя губа; 38) рѣзцы.

Примѣчаніе. 4 отдѣленія сердца, оба предсердія (26) и оба желудочка (24), равно какъ и перегородки сердца даны въ схематическомъ чертежѣ, хотя въ срединномъ разрѣзѣ они не могутъ быть видны.

вмѣстѣ образуютъ черепъ (*cranium*), заключающій внутри себя полость — черепную полость (*cavum cranii*). Въ позвоночномъ каналѣ и въ полости черепа расположена такъ называемая центральная нервная система, которая распадается на болѣе тонкую, шнуровидную часть,—спинной мозгъ (*medulla spinalis*) (10), лежащій въ позвоночномъ каналѣ, и болѣе массивную часть,—головной мозгъ (*cerebrum*) (5, 6 и 7), находящійся въ черепной полости.

Подъ позвоночникомъ,—считая по направленію къ брюшной поверхности тѣла животнаго,—лежитъ полость тѣла *), имѣющая различную ширину въ различныхъ своихъ частяхъ. Въ этой полости мы видимъ на нашемъ срединномъ разрѣзѣ уже извѣстныя намъ внутренности, онѣ представляются здѣсь разрѣзанными. Подъ головнымъ мозгомъ лежатъ различные отдѣлы лицевой части черепа, съ заложенными въ нихъ органами. Впереди открывается

уплотняются настолько, что онѣ дѣлаются удобными для разрѣзовъ; съ другой стороны, слишкомъ твердыя части (кости) размягчаются, черезъ удаленіе изъ нихъ известковыхъ солей, — и становятся легко разрѣзываемыми.

*) Полость тѣла раздѣлена, какъ мы уже знаемъ, діафрагмою на два отдѣла: грудную полость, лежащую орально, и брюшную, лежащую аборально.

правая носовая полость (стѣнка, раздѣляющая обѣ носовыя полости удалена вмѣстѣ съ лѣвою половиною тѣла животнаго). Въ носовыхъ полостяхъ распознаютъ носовыя раковины *(conchae)* (1), служащія для органа обоняніе. Носовая полость стоитъ въ соединеніи съ глоточною полостью, а именно черезъ нижній носовой ходъ, идущій подъ носовыми раковинами; носовая полость отдѣлена отъ ротовой небомъ *(palatum)* (2), которое является частью костнымъ, частью-же мягкимъ. Ротовая полость ограничена спереди губами *(labia)* (37), внутри ея видны разрѣзы верхней и нижней челюстей (36), въ которыхъ замѣтны рѣзцы (38). въ ней-же находится языкъ *(lingua)* (35). Далѣе слѣдуютъ гортань (33) съ дыхательнымъ горломъ (31), глотка *(pharynx)* (32), отъ которой идетъ къ желудку (14) пищеводъ *(oesophagus)* (30). Въ вентральномъ направленіи отъ легкаго (11) лежитъ перерѣзанное сердце (24—26) и грудина *(sternum)*, состоящая (у молодыхъ животныхъ) изъ отдѣльныхъ еще не вполнѣ окостенѣвшихъ частей, оральный конецъ грудины *(manubrium sterni)* обозначенъ цифрой 29. Между грудиною и дыхательнымъ горломъ у молодыхъ животныхъ находится довольно большая грудная железа *(thymus)* (28), впослѣдствіи уменьшающаяся. Между грудною полостью и брюшною натянута діафрагма (12), выдающаяся куполообразно въ 1-ую полость. Подъ куполомъ діафрагмы лежитъ печень *(hepar)* (23), видимое на этой послѣдней пространство, обозначенное цифрой (13), есть вскрытый желчный пузырь *(vesica fellea)*. Потомъ мы видимъ вскрытый вслѣдствіе разрѣза желудокъ (14); многократно извитыя петли кишекъ (21, 22), наконецъ, разрѣзанную по длинѣ прямую кишку *(rectum)* (16) и ея наружное отверстіе *(anus)* (19), лежащее у хвоста. Кромѣ того, тамъ можно видѣть еще брюшную аорту (15), перерѣзанный мочевой пузырь и мочевое отверстіе (20), ведущее къ мочеточнику и половымъ органамъ. При

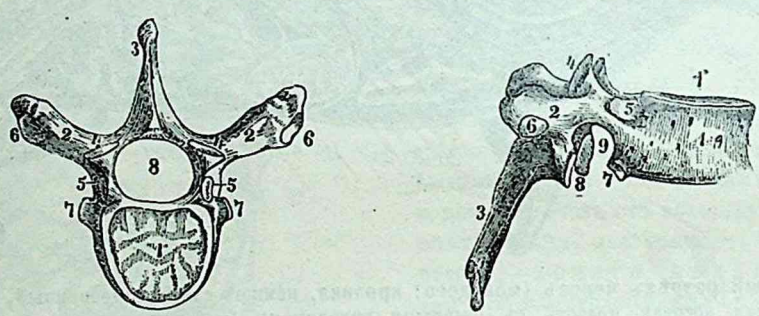


Рис. 34.

Шестой грудной позвонокъ человѣка: *a*—сверху, *b*—видимый сбоку; 1 тѣло позвонка: 1′) верхняя поверхность; 2) поперечные отростки; 3) остистый отростокъ; 5, 6 и 7—сочленовыя поверхности, въ которыхъ ребра соединяются съ позвонкомъ; 8) кольцеобразная полость, въ которой лежитъ спинной мозгъ.

вскрытіи кролика, еще болѣе при приготовленіи вышеописаннаго разрѣза его, мы имѣли случай ознакомиться съ тѣмъ различіемъ, какое представляютъ, съ одной стороны, мягкія части тѣла, легко рѣжущіяся ножемъ, и съ другой стороны, твердыя, состоящія изъ костныхъ образованій. Твердыя части тѣла мы называемъ скелетомъ. Если мы отдѣлимъ мягкія части отъ костей и оставимъ кости лежать болѣе или менѣе долгое время въ водѣ, то въ концѣ концовъ остается только одинъ скелетъ. При этомъ онъ распадается на отдѣльныя кости; но мы можемъ эти послѣднія такъ соединить межъ собою, какъ онѣ сложены въ живомъ тѣлѣ. На такомъ собранномъ скелетѣ (рис. 35) можно распознать уже вышеупомянутыя части: позвоночникъ (3, 6, 7, 6′), черепъ (1), ребра, идущія отъ позвоночника и дугообразно охватывающія справа и слѣва грудную клѣтку (5); грудину, образующую вмѣстѣ съ ребрами такъ называемую грудную клѣтку *(thorax)*, заключающую въ себѣ грудныя внутренности. Далѣе, мы видимъ, что на извѣстныхъ мѣстахъ позвоночника находятся, прикрѣпленныя къ нему съ помощью извѣстныхъ соединительныхъ частей, конечности. Различаются оральная или передняя пара конечностей (у человѣка, какъ имѣющаго вертикальное положеніе, эта пара конечностей именуется верхнею), и аборальная или задняя (у человѣка нижняя). Замѣчательно, что всѣ тѣ позвоночныя животныя, которыя обладаютъ сколько-нибудь развитыми конечностями, имѣютъ ихъ четыре, никогда болѣе. У иныхъ позвоночныхъ конечности или не вполнѣ развиты, или совершенно не образованы. Напомню о китахъ и сиренахъ, - принадлежащихъ

къ млекопитающимъ,—равно какъ о змѣяхъ, — тоже позвоночныхъ животныхъ. Тѣ образованія, съ помощью которыхъ конечности соединены съ позвоночникомъ, представляются у передней пары конечностей нѣсколько иными, чѣмъ у задней. Однако, основной планъ строенія ихъ здѣсь и тамъ одинаковъ. У переднихъ конечностей мы видимъ двѣ плоскія, трехугольныя кости, расположенныя по одной, съ каждой стороны позвоночника, — л о п а т к и *(scapulae)* (4). У другихъ млекопитающихъ, въ томъ числѣ и у человѣка, между лопаткою и грудиною находится особая соединительная кость, — к л ю ч и ц а *(clavicula)*. У кролика вмѣсто ключицы имѣется волокнистый тяжъ, въ которомъ заложена тоненькая косточка. Обѣ лопатки образуютъ вмѣстѣ съ соотвѣтственною имъ частью позвоночника,—на спинной сторонѣ, и съ ключицами и верхнимъ отрѣзкомъ грудины (рис. 33, 29), - на брюшной сторонѣ, родъ кольца или поясъ,—плечевой поясъ, къ которому прикрѣплена оральная пара конечностей. У або-

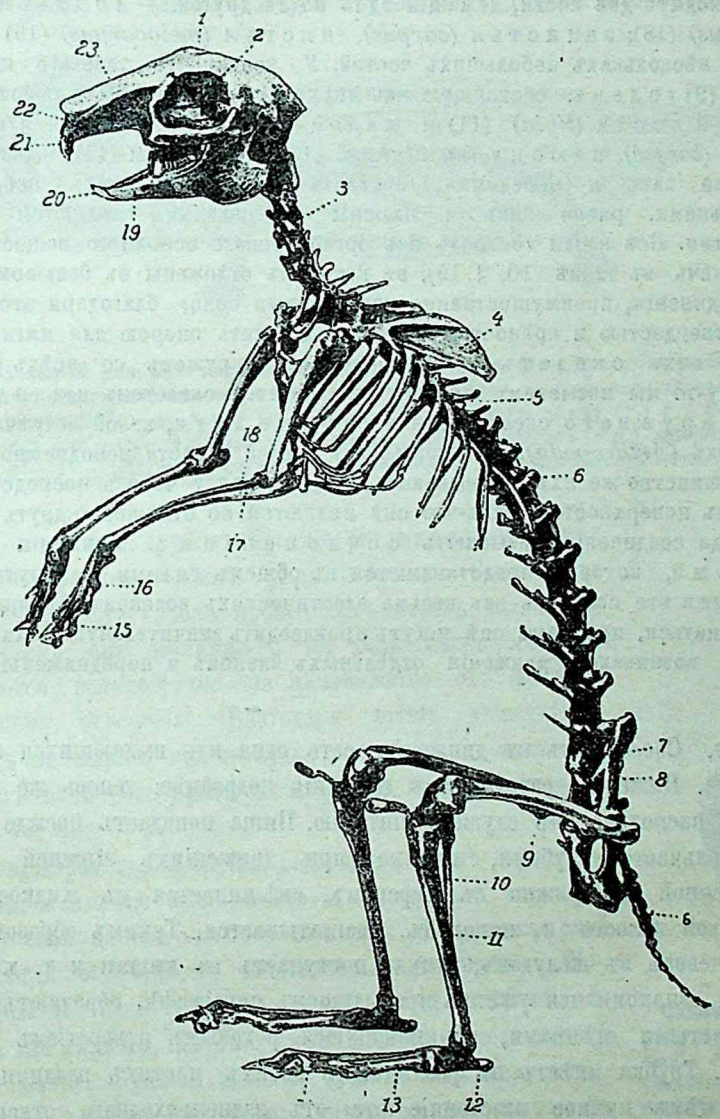


Рис. 35.

Скелетъ кролика, въ $^1/_3$ естественной величины: 1) черепная крышка, 2) глазная впадина, 3) шейные позвонки, 4) лопатка, 5) ребро, 6) грудной позвонокъ, 7) крестецъ, 6′) хвостовые позвонки, 8) безымянная кость таза, 9) бедряная кость, 10) малая берцовая кость, 11) большая берцовая кость, 12) пятка, 13) плюсна, 14) пальцы, 15) пальцы, 16) пястье, 17) локтевая кость, 18) лучевая кость, 19) нижняя челюсть, 20) нижній рѣзецъ, 22) верхняя челюсть, 23) носовая кость.

ральныхъ конечностей поясъ ихъ образованъ изъ костей, вплотную соединенныхъ между собою; онъ называется т а з о в ы м ъ п о я с о м ъ. На спинной сторонѣ въ составъ этого пояса

входитъ часть позвоночника, т. е. нѣсколько плотно между собою сросшихся позвонковъ, образующихъ такъ называемый крестецъ *(os sacrum)* (7). Къ крестцу примыкаетъ съ каждой стороны сѣдалищная кость *(os ischii)*, подвздошная кость *(os ilei)* и лобковая кость *(os pubis)*, именно такимъ образомъ, что обѣ лобковыя кости сходятся другъ съ другомъ на вентральной сторонѣ, на срединной линіи тѣла животнаго, гдѣ онѣ плотно соединены между собою. Эти кости у взрослыхъ животныхъ почти совершенно срастаются въ два костныхъ полукольца, такъ что каждое полукольцо, состоящее изъ трехъ костей, можетъ быть разсматриваемо, какъ одна кость, такъ называемая безымянная кость *(os coxae)* (8). Итакъ, тазовый поясъ конечностей состоитъ изъ крестца и обѣихъ безымянныхъ костей.

Съ плечевымъ поясомъ и съ тазовымъ находятся въ связи конечности. Каждая конечность плечевого пояса состоитъ изъ плечевой кости *(humerus)*, предплечья, въ составъ котораго входятъ двѣ кости, лежащія одна подлѣ другой, — локтевая *(ulna)* (17) и лучевая *(radius)* (18); запястья *(carpus)*, пястья *(metacarpus)* (16) и пальцевъ (15), состоящихъ изъ нѣсколькихъ небольшихъ костей. У конечности тазоваго пояса различаютъ бедро *(femur)* (9) голень, состоящую изъ двухъ сросшихся между собою костей, — большой берцовой кости *(tibia)* (11) и малой берцовой кости *(fibula)* (10); далѣе, предплюсну *(tarsus)*, плюсну *(metatarsus)* (13) и пальцы (14). Пальцы этихъ конечностей, такъ же какъ и переднихъ, состоятъ изъ нѣсколькихъ небольшихъ костей. Пястья съ пальцами, равно какъ и плюсны съ пальцами являются (какъ и у человѣка) пятилучевыми. Всѣ кости состоятъ изъ органическаго основного вещества (оссеина, о немъ была рѣчь въ главѣ 10, § 19), въ которомъ отложены въ большомъ количествѣ неорганическія соединенія, преимущественно известковыя соли; благодаря этому, кости обладаютъ большою твердостью и крѣпостью и могутъ служить опорою для мягкихъ частей тѣла. Сложенный изъ нихъ скелетъ у позвоночныхъ окруженъ со всѣхъ сторонъ мягкими частями; поэтому-то мы называемъ его внутреннимъ скелетомъ или эндоскелетомъ, въ отличіе отъ наружнаго скелета, или экзоскелета, какой встрѣчается, напримѣръ, у суставчатоногихъ *(Arthropoda)*. Нѣкоторыя изъ костей скелета неподвижно соединены другъ съ другомъ; большинство-же ихъ примыкаютъ другъ къ другу черезъ посредство гладкихъ, покрытыхъ хрящемъ поверхностей, такъ-что онѣ являются по отношенію другъ къ другу подвижными. Такого рода соединеніе называютъ сочлененіемъ. Движенія костей производятся мышцами, которыя представляются въ общемъ тяжами, натянутыми между сосѣдними костями; тяжи эти состоятъ изъ весьма эластическихъ волоконъ. Мышцы обладаютъ способностью сокращаться, при чемъ онѣ могутъ производить значительную механическую работу. Такимъ образомъ возникаютъ движенія отдѣльныхъ членовъ и передвиженіе всего животнаго въ пространствѣ.

3. Питаніе. Способность къ движенію есть одна изъ выдающихся способностей животнаго организма. Ниже мы разсмотримъ движенія подробнѣе; теперь же познакомимся съ ними настолько, насколько онѣ служатъ питанію. Пища попадаетъ прежде всего въ ротъ; здѣсь она измельчается зубами, именно при движеніяхъ нижней челюсти около верхней, соединенной неподвижно съ черепомъ, смѣшивается съ жидкостями, выдѣляющимися въ ротовой полости и, наконецъ, проглатывается. Такимъ образомъ, пища проходитъ черезъ пищеводъ въ желудокъ, откуда поступаетъ въ кишки и т. д. Всѣ эти части, съ которыми мы ознакомились уже въ предыдущемъ параграфѣ, образуютъ, вмѣстѣ взятыя, трубку, съ кожистыми стѣнками, начинающуюся ротовымъ отверстіемъ и кончающуюся заднепроходнымъ. Трубка имѣетъ въ различныхъ своихъ частяхъ различную ширину; она много длиннѣе, чѣмъ прямое разстояніе рта отъ заднепроходнаго отверстія, вслѣдствіе чего она сложена въ петли. Ея отдѣльныя части носятъ различныя наименованія: пищеводъ, желудокъ и т. д. Если отвлечься отъ детальныхъ частей этой трубки, то можно ее представить на схематическомъ продольномъ разрѣзѣ какого-либо животнаго, какъ простую трубку, которая идетъ черезъ полость тѣла *(coelom)* къ заднепроходному отверстію. Эта пищеварительная трубка, именуемая желудочно-кишечнымъ каналомъ, лежитъ всегда вентрально отъ позвоночника, будучи поддерживаема складкою оболочки, выстилающей всю полость тѣла *(coelom)* и называемой брюшиною *(peritoneum)*, какъ это видно изъ схематическаго рисунка (рис. 36b) поперечнаго разрѣза полости тѣла. Оба листка брюшины,

на которыхъ подвѣшана пищеварительная трубка, срастаются между собою и образуютъ такъ называемую брыжейку (*mesenterium*).

Подъ брюшиннымъ покровомъ стѣнка кишечной трубки имѣетъ слой мышечныхъ волоконъ. Въ стѣнкахъ желудка эти послѣднія расположены рядами, охватывающими полость послѣдняго отчасти кольцеобразно, отчасти косо. Въ стѣнкѣ кишекъ мы можемъ различить также два мышечныхъ слоя, изъ которыхъ одинъ представляется, по направленію своихъ волоконъ, кольцеобразнымъ или поперечнымъ, считая по отношенію къ продольной оси кишки; волокна другаго слоя идутъ вдоль кишки, параллельно длинной ея оси. При сокращеіи волоконъ перваго слоя въ какомъ-либо мѣстѣ пищеварительной трубки, эта послѣдняя въ данномъ мѣстѣ съуживается и даже замыкается; при дѣйствіи

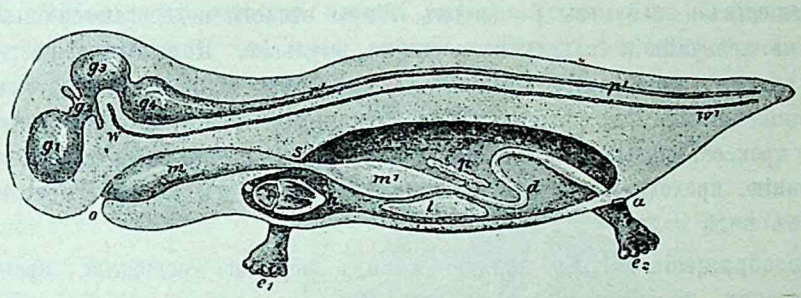


Рис. 36 *a*.

Схематическій продольный разрѣзъ тѣла зародыша позвоночнаго. *O*—ротовое отверстіе; *a*—заднепроходное отверстіе; между этими отверстіями тянется пищеварительная трубка, которая распадается на ротовую и глоточную часть (*m*), пищеводъ (*s*), желудокъ (*m'*), кишку (*d*) и прямую кишку (*r*); *l* — печень; *p* — pancreas (поджелудочная железа); *ww'* — зачатокъ позвоночника подъ спиннымъ мозгомъ (*r'p'*), который впослѣдствіи замыкается позвонками; g^1—g^4 — различные отдѣлы головнаго мозга; e_1 — оральная конечность; e_2 — аборальная конечность; *h* — сердце.

втораго слоя на томъ или другомъ протяженіи, пищеварительная трубка въ соотвѣтственномъ мѣстѣ укорачивается. Сокращенія обоихъ этихъ мышечныхъ слоевъ происходитъ черезъ различные промежутки времени; они возникаютъ на извѣстныхъ мѣстахъ и распространяются волнообразно по направленію отъ желудка къ заднепроходному отверстію. Благодаря этимъ движеніямъ пища переходитъ въ кишки изъ желудка, послѣ того, какъ она пробыла въ немъ извѣстное время и медленно передвигается по кишкамъ.

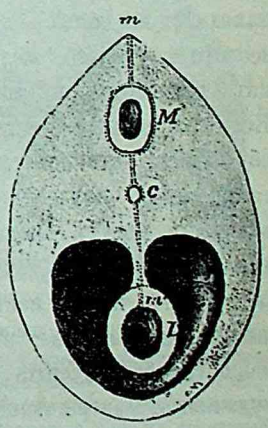


Рис. 36 *b*.

Схематическій поперечный разрѣзъ черезъ тѣло зародыша позвоночнаго. *mm* — срединная плоскость; *M*—трубка спиннаго мозга; *c* — зачатокъ позвоночника; *D* — пищеварительная трубка.

Стѣнка пищеварительной трубки содержитъ кромѣ двухъ названныхъ слоевъ, а именно брюшиннаго и мышечнаго, еще третій, внутренній, слой слизистой оболочки. Въ этомъ слоѣ заложены небольшія образованія, называемыя железами. Железы вырабатываютъ соки или секреты, выдѣляющіеся въ полость желудка или кишекъ, гдѣ они смѣшиваются съ составными частями пищи. Болѣе крупныя железы лежатъ внѣ желудочно-кишечной трубки, вблизи ея; черезъ выносящіе протоки ихъ, которые прободаютъ стѣнки пищеварительной трубки, соки этихъ железъ изливаются въ полость послѣдней. Такими железами являются слюнныя железы, печень и поджелудочная железа (рис. 36 *a*, *l* и *p*). Въ то же время, какъ секретъ первыхъ изъ названныхъ железъ, слюна, изливается въ ротовую полость, секреты печени и поджелудочной железы выдѣляются въ начало тонкой кишки. Подъ вліяніемъ всѣхъ этихъ соковъ составныя части пищи претерпѣваютъ въ полости рта, желудка и кишекъ извѣстныя химическія превращенія, которыя именуются перевариваніемъ.

Кроликъ питается, какъ извѣстно, растительною пищею: картофелемъ, капустными листьями, морковью и пр. Эта пища содержитъ, какъ главныя постоянныя составныя части, три группы химическихъ соединеній, углеводы, жиры и бѣлки (см. главу 10); кромѣ того, соли и воду. Тѣ же самыя вещества находятся въ пищѣ другихъ животныхъ и человѣка, какого бы происхожденія она ни была, животнаго или растительнаго. Только количественныя отношенія главныхъ составныхъ частей пищи мѣняются въ различныхъ родахъ ея. Нѣкоторыя изъ этихъ веществъ представляются сами по себѣ жидкими, или легко растворимы въ водѣ, другія совершенно нерастворимы; они превращаются въ растворимыя лишь подъ вліяніемъ секретовъ вышеупомянутыхъ железъ *). Изъ углеводовъ образуются легко растворимыя: декстринъ, мальтоза и глюкоза; изъ бѣлковыхъ веществъ—альбумозы и пептонъ. Жиры отчасти подвергаются омыленію, потомъ распадаются на мельчайшія капельки и даютъ эмульсію. Пищевыя вещества, химически измѣненныя путемъ пищеваренія, проникаютъ при болѣе или менѣе долгомъ прохожденіи ихъ черезъ кишечникъ, въ слизистую оболочку этого послѣдняго и отсюда разносятся далѣе. Этотъ процессъ называется *всасываніемъ* или *резорпціею*. Все то, что не подпадаетъ всасыванію, проходитъ въ толстую кишку, проникаетъ до заднепроходнаго отверстія и удаляется въ видѣ кала.

4. **Кровообращеніе.** Чтобы понять, какимъ образомъ вещества, проникнувшія въ слизистую оболочку, разносятся изъ нея по всѣмъ частямъ тѣла, мы должны познакомиться съ системою кровообращенія.

Въ грудной полости, вентрально отъ кишечной трубки, у передней грудной стѣнки, лежитъ большой органъ — сердце (рис. 32, 6; рис. 33, 24—26). Стѣнки его состоятъ изъ мышечнаго слоя, болѣе или менѣе толстаго; полость его представляется раздѣленною на четыре отдѣла, именно на два предсердія и два желудочка. Въ полостяхъ этихъ находится жидкость—кровь. Полость каждаго предсердія стоитъ въ соединеніи съ полостью соотвѣтствующаго желудочка; обѣ половины сердца — правая и лѣвая, состоящія каждая изъ предсердія и желудочка — совершенно отдѣлены другъ отъ друга перегородкою. Если сердечныя мышцы сокращаются, то тѣ полости сердца, стѣнки котораго они образуютъ, становятся меньше, и кровь, находящаяся въ этихъ отдѣлахъ сердца, выталкивается вонъ; какъ только сокращеніе прекращается, полости увеличиваются въ объемѣ и могутъ вновь наполниться кровью. Если вскроемъ грудную клѣтку живого кролика, то увидимъ, что сокращенія и разслабленія сердечной мышцы слѣдуютъ другъ за другомъ черезъ извѣстныя промежутки времени. Сокращеніе обоихъ предсердій совершается одновременно; въ это время желудочки находятся въ разслабленномъ состояніи. Но, какъ скоро предсердія окончили свое сокращеніе, тотчасъ слѣдуетъ сокращеніе обоихъ желудочковъ, совершающееся одновременно для того и другого. Если мы изслѣдуемъ внутренность сердца, то мы находимъ у отверстія, соединяющаго предсердіе съ желудочкомъ, клапанный снарядъ **), устроенный такимъ образомъ, что благодаря ему дѣлается возможнымъ притокъ крови изъ предсердія въ желудочекъ, обратный же токъ крови совершенно невозможенъ. Итакъ, при сокращеніи предсердія кровь, содержащаяся въ нихъ, прогоняется въ желудочки; при разслабленіи же предсердій и сокращеніи желудочковъ, кровь не можетъ поступить обратно въ предсердія.

Отъ каждаго желудочка отходитъ крѣпкая, эластическая трубка, такъ называемая артерія. Для правой половины сердца такою артеріею является легочная артерія (*arte-*

*) Это не вполнѣ примѣнимо къ жиру, и только отчасти къ бѣлковымъ тѣламъ; всасываніе этихъ веществъ обусловливается особыми приспособленіями, о чемъ рѣчь будетъ позже. Ближайшее о пищевыхъ веществахъ и объ ихъ измѣненіяхъ см. гл. 10 и 17.

**) Рисунки 37 и 38 представляютъ препаратъ человѣческаго сердца; сердце кролика построено совершенно также.

ria pulmonalis), которая у своего корня дѣлится на двѣ вѣтви; одна изъ нихъ поступаетъ въ правое легкое, другая — въ лѣвое. Внутри легкихъ эти главныя вѣтви послѣдовательно распадаются на все болѣе и болѣе мелкія вѣтви, такъ что токъ крови распредѣляется равномѣрно по всему легкому. Изъ лѣваго желудочка выходитъ аорта, которая, идя кверху, загибается въ дугу. Изъ вершины этой дуги начинаются вѣтви ея, направляющіяся къ шеѣ, головѣ и переднимъ конечностямъ. Нисходящая часть аорты даетъ по обѣ стороны вѣтви; на своемъ же нижнемъ концѣ она дѣлится вилообразно на два одинаковые, толстые ствола, идущіе къ нижнимъ конечностямъ. Артеріи, отходящія отъ аорты, претерпѣваютъ постепенное распаденіе на все болѣе и болѣе тонкія вѣточки, проникающія своими мельчайшими развѣтвленіями во всѣ части тѣла.

На тѣхъ мѣстахъ, гдѣ отходятъ *arteria pulmonalis* и *aorta*, находятся также клапаны, которые устроены такъ, что кровь можетъ поступать изъ желудочковъ въ артеріи, но не обратно. При сокращеніи желудочковъ кровь, находящаяся въ нихъ, не можетъ, какъ мы уже знаемъ, перейти въ предсердіе, но гонится въ артерію; при разслабленіи ихъ, она уже не возвращается обратно.

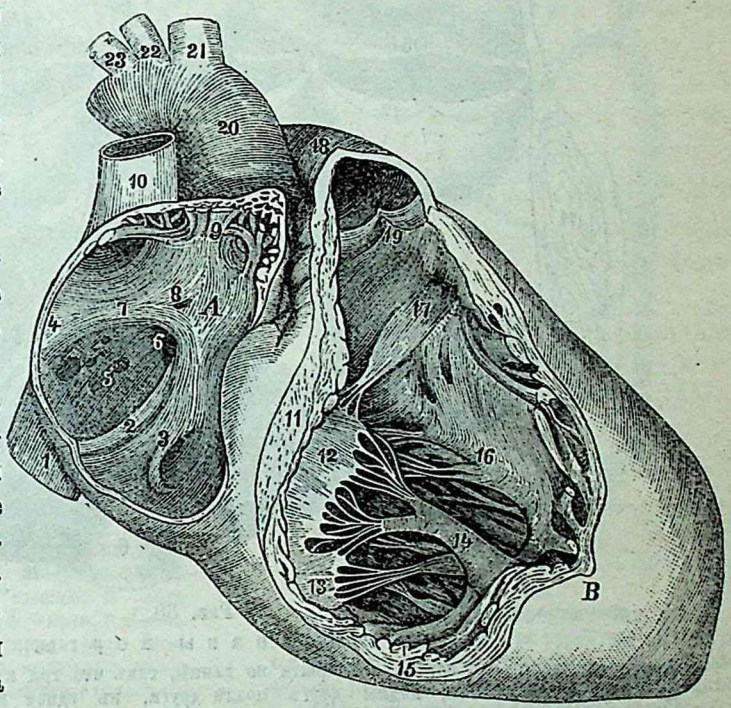


Рис. 37.
Система клапановъ человѣческаго сердца.
Правое предсердіе (*A*) и правый желудочекъ открыты черезъ удаленіе части сердечной стѣнки: 1 — нижняя; 10 — верхняя полая вена; 11 — стѣнка праваго предсердія; 12, 13 — двѣ изъ трехъ створокъ трехстворчатаго клапана, третья скрыта; 14, 16 и 17 — сосочковыя мышцы сердечной мускулатуры, къ которымъ прикрѣплены створки клапана, съ помощью сухожильныхъ волоконъ. При сокращеніи предсердія кровь безпрепятственно изливается изъ него въ желудочекъ; при сокращеніи желудочка створки клапана смыкаются и запираютъ отверстіе, соединяющее желудочекъ съ предсердіемъ. Сухожильныя нити створокъ препятствуютъ этимъ послѣднимъ выворачиваться въ полость предсердія. Створки клапана можно сравнить съ корабельными парусами; 18 — легочная артерія (надрѣзанная), 19 — ея клапаны; 20, 23 — аорта, съ ея развѣтвленіями.

Развѣтвленія артерій дѣлаются постепенно все тоньше и тоньше, такъ что конечныя вѣточки ихъ нельзя прослѣдить невооруженнымъ глазомъ. Путемъ микроскопическаго изслѣдованія можно показать, что ими являются узкіе, снабженные чрезвычайно тонкими стѣнками, такъ называемые волосные сосуды или капилляры. Они образуютъ внутри органовъ цѣлыя сѣти, форма которыхъ зависитъ отъ свойства ткани, гдѣ онѣ залегаютъ. Капилляры многократно дѣлятся, опять соединяются между собою, причемъ ширина ихъ остается безъ измѣненія. Затѣмъ изъ капилляровъ образуются особые сосуды, такъ называемыя вены; черезъ соединеніе ихъ возникаютъ болѣе широкія кровеносныя трубки, которыя даютъ, въ концѣ концовъ, одинъ венозный стволъ, выходящій изъ органа; обыкновенно такой венозный стволъ лежитъ рядомъ съ артеріею, вступающею въ тотъ же самый органъ (рис. 39).

Всѣ вены туловища и заднихъ конечностей собираются въ одинъ общій венозный стволъ, а именно въ восходящую полую вену (*Vena cava ascendens*); вены же головы, шеи и переднихъ конечностей вливаются въ нисходящую полую вену (*Vena cava descendens*). Обѣ эти вены впадаютъ другъ подлѣ друга въ правое предсердіе. Подоб-

нымъ же образомъ легочныя артеріи развѣтвляются внутри легкихъ и переходятъ въ капилляры; изъ этихъ послѣднихъ берутъ свое начало вены. Всѣ венозные сосуды легкихъ соединяются въ концѣ концовъ въ четыре легочныхъ вены, которыя открываются въ лѣвое предсердіе*)

Благодаря сокращеніямъ предсердій и желудочковъ сердца, совершающимся при жизни животнаго непрерывно, кровь находится въ постоянномъ движеніи внутри кровеносныхъ сосудовъ, и это движеніе вслѣдствіе указаннаго устройства клапановъ происходитъ только въ одномъ направленіи.

Изъ лѣваго желудочка кровь попадаетъ черезъ аорту и ея вѣтви во всѣ органы тѣла, проходитъ эти послѣдніе и возвращается обратно въ правое предсердіе. Отсюда она

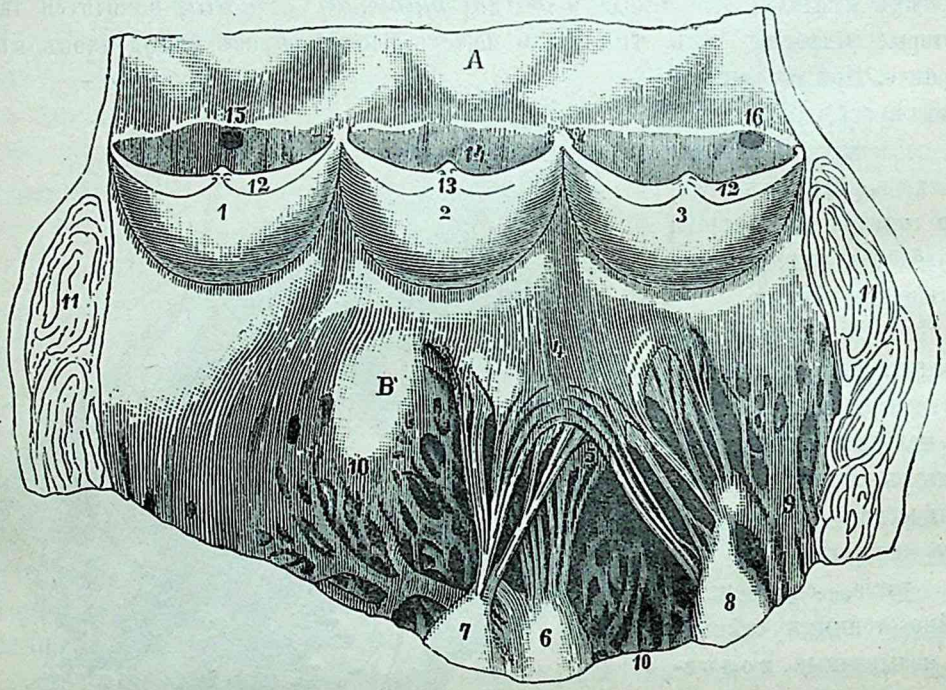


Рис. 38.

Клапаны аорты.

Аорта отдѣлена отъ сердца и вскрыта по длинѣ, такъ что три клапана, которые находятся на цилиндрической стѣнкѣ, видны другъ подлѣ друга, въ одной плоскости. Каждый изъ нихъ состоитъ изъ складки, образованной тканью, одѣвающею внутренность сердечныхъ полостей. Клапанъ прикрѣпленъ по нижнему своему краю, имѣющему полуокружную форму, къ стѣнкѣ артеріи, въ то время, какъ верхній край (образующій двѣ полулунныхъ фигуры) и вся поверхность клапана свободно прилегаютъ къ артеріальной стѣнкѣ. Такимъ образомъ возникаетъ родъ кармана, въ родѣ устраиваемыхъ въ иныхъ охотничьихъ (отсюда и названіе «карманные клапаны»). Когда кровь изливается изъ желудочка въ артерію, то клапаны прилегаютъ къ стѣнкѣ сосуда и не оказываютъ току крови никакого сопротивленія; но если давленіе крови въ желудочкѣ становится меньше давленія крови, находящейся въ артеріи, то кровь собирается въ карманы, отодвигаетъ клапаны къ центру просвѣта артеріи, такъ что они смыкаются между собою, образуя полный затворъ.

переходитъ въ правый желудочекъ, прогоняется изъ него въ легочную артерію, проходитъ легкія, поступаетъ въ лѣв предсердіе, а отсюда опять въ лѣвый желудочекъ. Итакъ, кровь движется въ совершенно замкнутой системѣ сосудовъ, какъ это и показано на схемѣ (рис. 40). Поэтому и говорятъ о кровообращеніи. Благодаря тому, что два мѣста кровеноснаго круга, а именно правое сердце и лѣвое, приближены другъ къ другу до соприкосновенія и срослись между собою, возникаетъ представленіе, какъ будто бы существуютъ два обособленныхъ круга кровообращенія. Въ этомъ находятъ себѣ объясненіе выраженія:

*) У кролика обѣ вены, которыя идутъ отъ каждаго легкаго, иногда сливаются въ одну, такъ что тогда только двѣ вены открываются въ предсердіе.

«малый» и «большой» кругъ кровообращенія, равно какъ «кровообращеніе черезъ тѣло» и «кровообращеніе черезъ легкія».

Двигательная сила, которая поддерживаетъ постоянное движеніе крови, обусловлена работою сердечной мускулатуры. Сердце дѣйствуетъ при этомъ, какъ всасывающій и нагнетательный насосъ. Оно всасываетъ кровь изъ венъ и нагнетаетъ ее въ артеріи. Такъ какъ стѣнки этихъ послѣднихъ эластичны, то онѣ растягиваются кровью, втекающею въ сосудъ. Эластическая стѣнка производитъ, съ своей стороны, сильное давленіе на кровь, содержащуюся въ сосудѣ. Если у живого животнаго перерѣзать какую либо артерію, то кровь бьетъ изъ нея струею, съ извѣстною скоростью. Въ венахъ, напротивъ того, давленіе весьма незначительно. Свободно лежащая артерія можетъ быть сдавлена только при приложеніи извѣстной силы, извѣстнаго давленія; но, чтобы сдавить вену и прекратить въ ней кровообращеніе, достаточно примѣнить совершенно незначительное давленіе. Если сдѣлать подобные опыты на живомъ животномъ, то можно легко увидѣть, что конецъ сдавливаемой артеріи, обращенный къ сердцу, вздувается, противоположный-же пустѣетъ; на венахъ наблюдаютъ при этихъ опытахъ обратное. Это есть одинъ изъ тѣхъ опытовъ, благодаря которымъ Вильямъ Гарвей (1619), открывшій кругооборотъ крови, доказалъ, что въ артеріяхъ кровь идетъ отъ сердца, въ венахъ-же стремится къ сердцу.

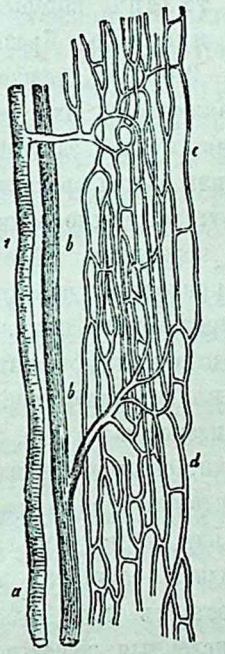


Рис. 39.
Волосные сосуды изъ поперечно-полосатой мышцы; *a* артерія; *b* — вена; *c*, *d* — капиллярная сѣть. Длинныя мышечныя волокна (не представленныя на рисункѣ) оплетены капиллярами.

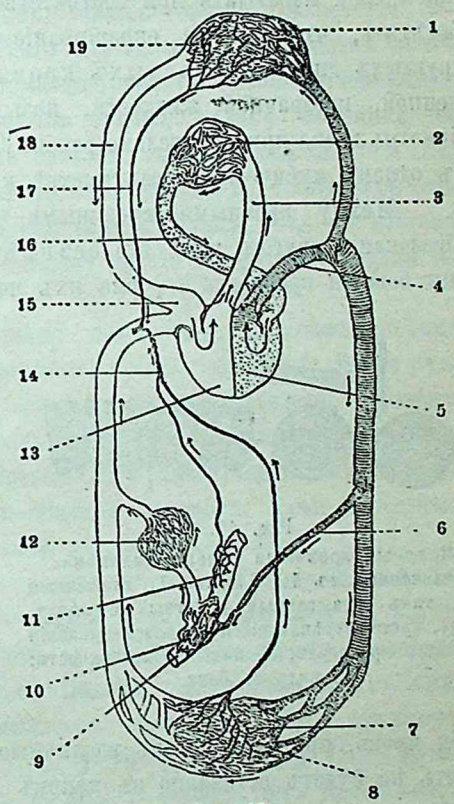


Рис. 40.
Схема кровообращенія у теплокровныхъ. Аорта и ея развѣтвленія заштрихованы, черныя линіи представляютъ лимфатическую систему (о которой будетъ рѣчь позднѣе). 1—капилляры передней (оральной) области тѣла; 2—капилляры легкихъ; 3—легочная артерія (содержитъ венозную кровь); 4—аорта; 5—лѣвый желудочекъ сердца; 6—кишечныя артеріи; 7—(черныя линіи)—лимфатическіе сосуды задней (аоральной) области тѣла; 8—капилляры той-же области тѣла; 9—кишечная трубка; 10—капилляры кишечника; 11—лимфатическіе сосуды кишки (млечные сосуды); 12—капилляры печени, черезъ которые вторично проходитъ вся кровь, идущая отъ кишечника; 13—правый желудочекъ; 14—ductus thoracicus,—лимфатическій сосудъ для всей лимфы, идущей отъ аоральной области тѣла и отъ кишечника; 15 правое предсердіе; 16—легочная вена (несетъ артеріальную кровь); 17—лимфатическій сосудъ, черезъ который течетъ лимфа, идущая изъ оральной области тѣла; 18—верхняя полая вена; 19—лимфатическіе сосуды оральныхъ областей тѣла.

Въ артеріяхъ, пока работаетъ сердце, кровяное давленіе выше, въ венахъ оно ниже. А такъ какъ артеріи соединяются съ венами посредствомъ капиллярныхъ сосудовъ, то кровь должна протекать чрезъ нихъ, направляясь отъ артерій къ венамъ. И, пока бьется сердце, до тѣхъ поръ всегда поддерживается эта разница между давленіями, а вмѣстѣ съ этимъ и теченіе крови. Когда прекращается сердцебіеніе, то теченіе крови продолжается еще нѣкоторое время, пока вполнѣ не сравняется ея давленіе въ артеріяхъ и венахъ. Въ достаточно прозрачныхъ частяхъ живого организма, напр., въ брыжейкѣ, можно при соотвѣтственномъ микроскопическомъ увеличеніи непосредственно наблюдать это теченіе. Точно также тонкія перепонки между пальцами у лягушки пригодны для такого наблюденія.

5. Кровь. Кровь—жидкость весьма сложнаго состава. При разсматриваніи простымъ глазомъ она представляется вполнѣ равномѣрно окрашенной въ красный цвѣтъ и вполнѣ непрозрачной даже въ тонкихъ слояхъ. Но если каплю крови, которую удается легко взять изъ уха кролика уколомъ или маленькимъ надрѣзомъ, помѣстить на стеклянной пластинкѣ и покрыть ее сверху другой очень тонкой пластинкой (такъ наз. покровнымъ стеклышкомъ), то она распредѣляется весьма тонкимъ слоемъ между двумя стеклами. Если такой слой наблюдать при соотвѣтственномъ увеличеніи (въ 500 до 1000 разъ), то можно замѣтить, что красное окрашиваніе крови обусловливается присутствіемъ большого числа круглыхъ дисковъ, красныхъ кровяныхъ тѣлецъ, которыя размѣщены въ мало окрашенной, прозрачной жидкости, называемой плазмою. Кровяныя тѣльца весьма малы, діаметръ диска приблизительно равенъ 0,006 — 0,007 мм., толщина немного меньше 0,002 мм. Въ одномъ кубическомъ сантиметрѣ крови заключается ихъ около 4 — 5 милліоновъ *).

Между красными кровяными тѣльцами можно замѣтить въ нѣкоторыхъ мѣстахъ образованія другого рода: это безцвѣтныя или бѣлыя кровяныя тѣльца или лейкоциты. Они больше красныхъ и форма ихъ почти круглая. Число лейкоцитовъ меньше числа красныхъ кровяныхъ тѣлецъ. На 300 — 400 послѣднихъ приходится приблизительно одинъ лейкоцитъ. Они происходятъ изъ лимфы, о которой скажемъ впослѣдствіи; лимфа, сливаясь съ кровью, примѣшиваетъ къ ней содержащіяся въ ней тѣльца. Но такъ какъ, несмотря на это, число лейкоцитовъ остается, все таки, ограниченнымъ, то мы должны предположить, что они или покидаютъ какимъ нибудь путемъ кровь или же въ ней самой погибаютъ.

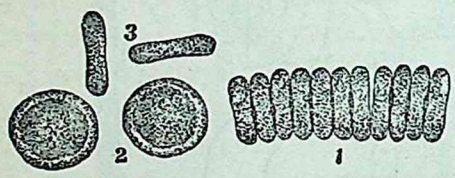


Рис. 41.

Красныя кровяныя тѣльца человѣка. Увеличенныя въ 1200 разъ. 1. сложенныя въ такъ называемый монетный столбикъ, видъ, часто встрѣчающійся при разсматриваніи свѣжаго препарата; 2. видъ съ поверхности; 3. видъ съ боку.

Жидкая составная часть крови это плазма; она состоитъ изъ воды, въ которой растворены многочисленныя вещества. Все, что принимаетъ въ себя кровь, протекая черезъ различные органы остается въ плазмѣ до тѣхъ поръ, пока опять не будетъ оставлено въ какомъ нибудь органѣ или выведено наружу посредствомъ особыхъ приспособленій, о которыхъ скажемъ впослѣдствіи. Кровь служитъ такимъ образомъ посредникомъ въ обмѣнѣ веществъ между всѣми органами, точнѣе говоря, во всѣхъ сложныхъ химическихъ процессахъ, имѣющихъ мѣсто въ животномъ организмѣ.

6. Всасываніе. Мы теперь обращаемся къ разсмотрѣнію упомянутаго въ § 3 всасыванія. Кровь, протекая постоянно черезъ сосуды кишекъ, принимаетъ въ себя вещества, которыя сдѣлались въ кишечникѣ способными къ всасыванію, благодаря дѣйствію пищеварительныхъ соковъ на составныя части пищи. Слизистая оболочка кишекъ на внутренней своей поверхности покрыта плотно прилегающими тонкими отростками, ворсинками (villi), имѣющими форму пальца перчатки. Въ каждую ворсинку вступаетъ маленькая артерія, образуетъ тамъ густую капиллярную сѣть, изъ которой кровь вытекаетъ черезъ маленькую вену. Благодаря ворсинкамъ поверхность всасыванія весьма увеличивается, вслѣдствіе чего дается возможность быстраго и, по возможности, полнаго всасыванія. Легко растворимыя и способныя къ диффузіи вещества, образовавшіяся подъ вліяніемъ пищеварительныхъ соковъ, послѣ того какъ они проникли въ стѣнку кишки, легко попадаютъ благодаря диффузіи въ протекающую черезъ ворсинки кровь и уносятся ею дальше. Кровь,

*) Величина красныхъ кровяныхъ тѣлецъ у большинства млекопитающихъ немного меньше, у человѣка почти такой же величины, какъ у кролика. У птицъ, пресмыкающихся и рыбъ форма дисковъ не круглая, а эллиптическая (особенно у пресмыкающихся) и по величинѣ они обыкновенно гораздо больше. Изъ млекопитающихъ только верблюдъ и лама (*Auchenia*) имѣютъ кровяныя тѣльца эллиптической формы.

оттекающая отъ кишечника, направляется къ печени, гдѣ подвергается извѣстнымъ химическимъ процессамъ; затѣмъ достигаетъ праваго предсердія и праваго желудочка и, пройдя черезъ легкія, попадаетъ въ лѣвое предсердіе и лѣвый желудочекъ, откуда посредствомъ аорты и ея развѣтвленій разносится по всѣмъ частямъ тѣла.

Но не всѣ пищевыя вещества всасываются такимъ образомъ. Именно, жиры и часть другихъ пищевыхъ веществъ, которыя не сдѣлались еще способными къ диффузіи, не могутъ проникнуть сквозь стѣнки капиллярныхъ сосудовъ, такимъ образомъ не могутъ попасть въ кровь. Если изслѣдовать ворсинки животнаго спустя нѣсколько часовъ послѣ обильнаго кормленія, то оказывается, что полое пространство внутри ворсинки наполнено мельчайшими капельками жира. Эти капельки проникли черезъ стѣнку ворсинки во внутрь и отсюда уносятся посредствомъ другой уже системы такъ называемыхъ млечныхъ сосудовъ. Они соединяются затѣмъ съ лимфатическими сосудами, о которыхъ скажемъ впослѣдствіи, и которые впадаютъ въ вены вблизи сердца. Итакъ, хотя по другому пути, но все таки попадаютъ въ кровь и жиръ и нѣкоторыя другія вещества, которыя не всосались кровеносными капиллярами.

Кровь разноситъ всѣ эти вещества, происходящія изъ пищи, по всѣмъ частямъ тѣла. Они могутъ вести къ увеличенію массы органовъ, тогда послѣдніе ростутъ. Такъ какъ всѣ пищевыя средства представляютъ собою смѣсь углеводовъ, жировъ, протеиновъ, солей и воды и тѣ же вещества служатъ основными составными частями животнаго организма, то вещества, непосредственно происшедшія изъ пищи и доставленныя кровью къ органамъ, могутъ сдѣлаться составными частями органовъ. Какъ на самомъ дѣлѣ происходитъ этотъ ростъ организма, будетъ сказано въ другомъ мѣстѣ.

Одновременно съ пищевыми веществами кровь доставляетъ органамъ также кислородъ. Какъ мы видѣли, вся кровь протекаетъ черезъ легкія и тамъ приходитъ въ обширное соприкосновеніе съ находящимся въ нихъ воздухомъ, у котораго отнимаетъ кислородъ. Тутъ играютъ важную роль красныя кровяныя тѣльца. Именно, заключающееся въ нихъ красное красящее вещество, гемоглобинъ, обладаетъ свойствомъ легко принимать кислородъ и затѣмъ легко отдавать его (сравн. гл. 8, § 16 и гл. 10, § 18). Кровь, обогатившись кислородомъ въ легкихъ, поступаетъ въ органы и отдаетъ имъ часть своего кислорода, вслѣдствіе чего могутъ совершаться нѣкоторые химическіе процессы, о которыхъ мы вскорѣ будемъ говорить.

Вещества, находящіяся въ крови, которыя не задержались тканями тѣла, попадаютъ опять съ венозною кровью въ сердце. Но и тѣ вещества, которыя образуются, благодаря химическимъ процессамъ въ тканяхъ, могутъ также попадать въ кровь, протекающую черезъ ткань, насколько они растворимы и способны къ диффузіи. Другія же вещества попадаютъ изъ тканей въ лимфатическіе сосуды.

7. Лимфа и лимфатическіе сосуды. Изъ всѣхъ органовъ выходятъ лимфатическіе сосуды, похожіе на млечные, упомянутые выше при ворсинкахъ тонкихъ кишекъ. Мы можемъ для наглядности сравнить органы и ихъ кровеносную систему съ хорошо орошаемымъ лугомъ. Отъ ручья или рѣки проведены канавы, образующія весьма густую сѣть. Онѣ отвѣчаютъ артеріямъ; доставляютъ почвѣ воду и растворенныя въ ней вещества, необходимыя для роста растеній. Благодаря имъ на лугу можетъ произрастать обильная трава. Вода и растворенныя въ ней вещества поступаютъ изъ канавъ во внутрь луговой почвы и достигаютъ корней растеній, воспринимаются ими и служатъ матеріаломъ для роста послѣднихъ. Такая же орошающая система кровеносныхъ сосудовъ доставляетъ воду и растворенныя въ ней вещества во внутрь тканей, изъ которыхъ состоятъ органы, и служитъ такимъ образомъ ихъ питанію. Избытокъ воды, который не воспринимается растеніями на лугу, отводится посредствомъ системы дренажныхъ трубокъ, расположенныхъ въ глубинѣ, подъ почвою луга. Въ животномъ тѣлѣ дренажнымъ трубкамъ соотвѣтствуютъ лимфатиче-

скіе сосуды. И подобно тому, какъ дренажныя трубки далѣе внизъ по теченію проводятъ воду обратно въ рѣку, точно также лимфатическіе сосуды соединяются съ кровеносной системой вблизи сердца въ томъ мѣстѣ, гдѣ гидростатическое давленіе очень низко. Итакъ, въ кровь поступаетъ обратно все то, что она доставила органу и все то, что въ немъ образовалось. Только то, что вслѣдствіе отложенія въ нѣкоторыхъ частяхъ тѣла прочно задержалось, остается въ организмѣ, по крайней мѣрѣ, нѣкоторое время.

8. Обмѣнъ веществъ. Итакъ, во всѣ части тѣла доставляются извлеченныя изъ пищи вещества (углеводы, жиры и протеины) и кислородъ воздуха. Внутри ткани происходитъ соединеніе кислорода съ составными частями ткани: тканевыя вещества окисляются или сжигаются. При этомъ освобождается кинетическая энергія, которая обнаруживается частью въ видѣ теплоты (кроликъ, не смотря на то, что постоянно отдаетъ свою теплоту окружающей средѣ, всегда имѣетъ температуру равную 38°: онъ теплокровное животное), частью въ видѣ механическихъ движеній. Продукты сжиганія уносятся кровью и въ другихъ опредѣленныхъ мѣстахъ удаляются изъ тѣла.

Углеводы и жиры состоятъ изъ углерода, водорода и кислорода; протеины заключаютъ, кромѣ того, азотъ (срав. гл. 10). Когда эти вещества присоединяютъ къ себѣ еще новое количество кислорода, получаются какъ послѣдніе продукты обмѣна веществъ, углекислота, вода и нѣкоторое число азотъ содержащихъ тѣлъ, которыхъ типомъ можно считать мочевину. Кроликъ, во время всей своей жизни, принимаетъ съ пищею углеводы, жиры и протеины, а также посредствомъ легкихъ кислородъ и отдаетъ постоянно углекислоту, воду и мочевину. Въ немъ происходитъ, такимъ образомъ, обмѣнъ веществъ; въ каждый моментъ времени вещества, составляющія его тѣло, подвержены постоянному процессу окисленія; при этомъ продукты окисленія удаляются изъ организма. Обмѣнъ веществъ, равно какъ и окисленіе поддерживаются постояннымъ кровообращеніемъ.

9. Дыханіе. Потерю въ протеинахъ, углеводахъ и жирахъ кровь возмѣщаетъ себѣ всасываніемъ пищевыхъ веществъ изъ кишечника, потерю въ кислородѣ—полученіемъ его при дыханіи. Кровь проводитъ вещества, поступившія изъ тканей, къ такъ называемымъ органамъ выдѣленія. Выдѣленіе углекислоты происходитъ почти исключительно въ легкихъ съ одновременнымъ воспринятіемъ кислорода.

Наблюдая грудную клѣтку любого млекопитающаго при жизни, мы замѣчаемъ, что она поочередно то расширяется, то суживается. Заключенныя въ грудной клѣткѣ эластическія легкія слѣдуютъ за этими движеніями. Легкія представляютъ собою два полыхъ мѣшка, раздѣленныхъ многочисленными перегородками на большое число маленькихъ пузырьковъ, называемыхъ альвеолами. Дыхательное горло, соединяющееся съ наружнымъ воздухомъ, посредствомъ рта и носа, раздѣляется сперва на двѣ главныя вѣтви, ведущія къ правому и лѣвому легкому; каждая изъ нихъ развѣтвляется уже въ самомъ легкомъ на болѣе и болѣе мелкія вѣточки, пока, наконецъ, каждая изъ такихъ тонкихъ трубочекъ не закончится альвеолой. При расширеніи груди, каждая альвеола расширяется; вступаетъ воздухъ извнѣ и смѣшивается съ воздухомъ, находящимся въ альвеолахъ. Когда грудная клѣтка суживается, уменьшаются также альвеолы, часть воздуха удаляется. Первое явленіе называется вдыханіемъ, послѣднее выдыханіемъ.

Дыхательныя движенія, непрерывно совершающіяся въ теченіе жизни, производятъ то, что воздухъ въ альвеолахъ никогда не бываетъ слишкомъ бѣденъ кислородомъ и слишкомъ насыщенъ углекислотой, такъ что кровь можетъ всегда брать изъ этого воздуха кислородъ и отдавать углекислоту. При этомъ происходитъ достойная вниманія перемѣна окраски самой крови. Кровь, поступающая изъ праваго сердца въ легкія, темнокраснаго цвѣта съ синеватымъ оттѣнкомъ; кровь, вытекающая изъ легкихъ, богатая кислородомъ и бѣдная углекислотою, свѣтлаго пурпуро-краснаго цвѣта. Это окрашиваніе кровь сохраняетъ въ лѣвомъ сердцѣ и въ артеріяхъ; и только протекая черезъ капиллярные сосуды, въ которыхъ

теряетъ кислородъ и принимаетъ углекислоту, дѣлается опять темной и въ такомъ видѣ течетъ по венамъ черезъ правое сердце до капиллярныхъ сосудовъ легкихъ.

Постоянное принятіе кислорода и выдѣленіе углекислоты называется дыханіемъ. Въ случаѣ когда окружающій воздухъ не содержитъ достаточнаго количества кислорода или когда вслѣдствіе препятствія въ дыхательныхъ движеніяхъ онъ въ недостаточномъ количествѣ попадаетъ въ альвеолы, жизнь не можетъ быть поддержана: животное задыхается.

Изъ легкихъ вмѣстѣ съ углекислотою выдѣляется также немного воды въ формѣ водянаго пара. Гораздо больше воды теряетъ тѣло при посредствѣ кожи и почекъ.

10. Выдѣлительныя железы. Въ кожѣ всѣхъ млекопитающихъ находятся различныя железы, которыя можно сравнить съ железами, находимыми въ слизистой оболочкѣ пищеварительнаго канала, въ томъ отношеніи, что онѣ точно также выдѣляютъ вещества съ опредѣленными химическими свойствами. Железы это простыя или развѣтвленныя трубки съ очень тонкими стѣнками (основная перепонка); внутри трубокъ лежатъ клѣтки железъ *). Одинъ конецъ трубки часто оканчивается колбовиднымъ расширеніемъ и онъ всегда замкнутъ, его называютъ основнымъ концемъ железы. Другой открытый конецъ называется выводнымъ протокомъ. Железы лежатъ или въ самой толщѣ, или подъ тѣми оболочками, въ которыхъ онѣ встрѣчаются; въ послѣднемъ случаѣ ихъ выводные протоки, имѣющіе иногда довольно значительную длину, проходятъ сквозь толщу оболочки наружу или въ какое либо полое пространство.

Клѣтки железъ, расположенныя внутри трубокъ, обладаютъ свойствомъ изъ приносимыхъ къ нимъ веществъ задерживать нѣкоторыя, отчасти перемѣнять ихъ въ химическомъ отношеніи и выдѣлять продуктъ этой перемѣны наружу черезъ выводной протокъ. Каждая железа имѣетъ вполнѣ опредѣленную химическую дѣятельность. Сырой матеріалъ приносится железамъ кровью. Поэтому всѣ железы окружены многими кровеносными сосудами, которые покрываютъ густою сѣтью капилляровъ ихъ основную перепонку.

Дѣятельность железъ называется отдѣленіемъ или секреціей; вещества, получаемыя изъ железъ, носятъ названіе секретовъ. Мы должны различать два рода железъ. Одинъ изъ нихъ, напр. вышеупомянутыя пищеварительныя железы, выливаютъ свои секреты въ пищеварительный каналъ, гдѣ они специфически дѣйствуютъ на пищевыя вещества, дѣлаютъ ихъ растворимыми и способными къ всасыванію. Другія железы приготовляемыя въ нихъ вещества выдѣляютъ, напротивъ, наружу, удаляя ихъ такимъ образомъ изъ тѣла. Чтобы выразить это различіе въ самомъ названіи, мы будемъ впредь употреблять обозначенія: отдѣлять, отдѣленіе (секретъ), отдѣлительныя (секреторныя) железы только для железъ перваго рода; железы же другого рода мы будемъ называть выдѣлительными (экскреторными), а самые соки ихъ выдѣленіями (экскретами) **).

Въ кожѣ позвоночныхъ животныхъ заложены двоякаго рода экскреторныя железы: 1) потовыя, выдѣляющія очень водянистый экскретъ съ небольшимъ содержаніемъ растворенныхъ плотныхъ веществъ; 2) сальныя, въ экскретѣ ихъ рядомъ съ водою и растворёнными въ ней плотными веществами находится очень много жира и поэтому отдѣленіе имѣетъ сальный характеръ. У позвоночныхъ животныхъ, покрытыхъ волосами, потовыя железы менѣе многочислены, чѣмъ у человѣка; онѣ главнымъ образомъ встрѣчаются на голыхъ мѣстахъ, на подушкахъ лапокъ и т. п.; у кролика почти исключительно на губахъ.

Самыя важныя экскреторныя железы это почки, парные органы, лежащіе въ брюш-

*) Подробности о железахъ см. гл. XIII.

**) Нѣкоторыя изъ этихъ экскреторныхъ железъ выдѣляютъ вещества, возникающія при обмѣнѣ веществъ и которыя, если бы остались въ тѣлѣ, оказались бы для него вредными. Это — экскреторныя железы въ строгомъ смыслѣ слова. Выдѣленія же другихъ имѣютъ еще нѣкоторое значеніе для индивидуума или служатъ для размноженія или для потомства, напр., молочныя железы. Эти железы занимаютъ нѣчто въ родѣ средняго положенія между секреторными и экскреторными.

ной полости (рис. 42). Въ нихъ приготовляется моча, водянистая жидкость, у кроликовъ часто нѣсколько мутная, состоящая изъ воды, въ которой растворены многочисленныя вещества. Среди нихъ самое важное мочевина, возникающая при окисленіи протеиновыхъ тѣлъ и выдѣляющаяся почти исключительно мочею *). Моча изъ почекъ черезъ мочеточники попадаетъ въ мочевой пузырь, изъ котораго выдѣляется наружу черезъ мочеиспускательный каналъ.

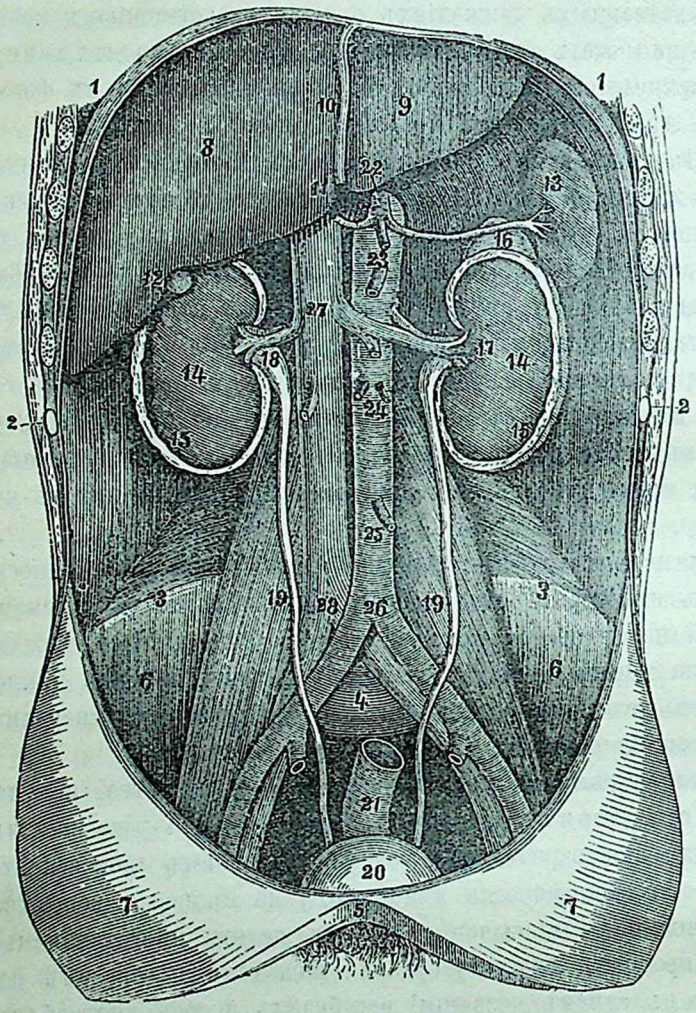


Рис. 42.—Брюшная полость человѣка, открытая спереди, по удаленіи кишечника. 1) Діафрагма; 2) одиннадцатое ребро; 3) верхній край подвздошной кости; 4) крестцовая кость; 5) соединенія тазовыхъ костей; 6) тазъ; 7) нижняя часть передней брюшной стѣнки; 8, 9) правая и лѣвая доли печени; 10, 11) укрѣпляющія связки печени; 12) желчный пузырь; 13) селезенка; 14) почки; 15) жировая капсула послѣднихъ; 16) надпочечники; 17) мѣсто вхожденія почечныхъ сосудовъ (hilus); 18) почечная лоханка, отъ которой мочеточникъ; 19) ведетъ отдѣляемую мочу въ мочевой пузырь 20; 21) прямая кишка; 22—25) начало артерій для (большею частью удаленныхъ) брюшныхъ внутренностей; 26) дѣленіе брюшной аорты на двѣ подвздошныя артеріи; 27) нижняя полая вена и впаденіе въ послѣднюю почечныхъ венъ.

Такимъ образомъ, кровь черезъ легкія, кожу и почки освобождается отъ всѣхъ тѣхъ веществъ, которыя образуются въ различныхъ органахъ, какъ продукты происходящихъ въ нихъ жизненныхъ процессовъ, и воспринимаются оттуда кровью при ея прохожденіи черезъ органы. Газообразная угольная кислота и нѣкоторое количество воды выдѣляется легкими; кожею выдѣляется немного углекислоты и рядомъ съ жирными составными частями кожнаго сала нѣсколько больше воды съ незначительнымъ количествомъ растворенной въ ней мочевины; остальная вода и почти вся мочевина рядомъ съ многими другими, растворенными въ водѣ веществами (въ томъ числѣ также нѣсколько углекислоты, отчасти свободной, отчасти въ видѣ карбонатовъ) удаляются изъ тѣла почками.

11. Нервная система. Многочисленные процессы, до сихъ поръ нами разсмотрѣнные, приводятся въ движеніе и поддерживаются въ немъ при посредствѣ нервной системы. Она состоитъ изъ центральной нервной системы, заключающей въ себѣ спинной мозгъ, головной и оба ствола симпатическаго нерва и изъ отходящихъ отъ нея периферическихъ нервовъ. Послѣдніе представляютъ тонкія волокна, соединенныя въ пучки и отходящія отъ центральной нервной системы. Пучки волоконъ постепенно дѣлятся до образованія отдѣльныхъ, только подъ микроскопомъ видимыхъ нервныхъ волоконъ. Послѣднія проникаютъ во всѣ органы и оканчиваются въ нихъ различнымъ образомъ. Нервы отличаются свойствомъ, принадлежащимъ всякому живому веществу, но въ нихъ наиболѣе сильно развитымъ, именно раздражимостью. Крайне слабыя механическія, электрическія

*) Встрѣчается также въ потѣ въ незначительномъ количествѣ.

и другія воздѣйствія въ состояніи вызывать въ нихъ измѣненія, хотя извнѣ и не видимыя, но узнаваемыя по дѣйствіямъ, которыя они могутъ оказывать на органы, соединенные съ нервами. Часть этихъ нервныхъ волоконъ входитъ въ мышцы. Чтобы нѣсколько ближе ознакомиться съ ихъ дѣйствіемъ, разрѣжемъ по длинѣ у живого кролика (усыпивши его сперва морфіемъ) кожу бедра. Мы найдемъ между лежащими тамъ мышцами нервный стволъ, отдающій вѣтви мышцамъ бедра и голени. Если мы перерѣжемъ его (по возможности выше), то мы увидимъ подергиванія голени и стопы. Это сокращеніе мышцъ, съ которыми нервъ находится въ соединеніи, вызывается вліяніемъ на нихъ нерва, механически раздраженнаго разрѣзомъ. Если мы положимъ идущій къ мускуламъ конецъ (нижній или периферическій) нерва на двѣ проволоки и пропустимъ черезъ нихъ электрическій токъ, то мы можемъ повторно вызывать мышечныя сокращенія.

Мы видимъ изъ этого опыта, что существуютъ нервы, раздраженіе которыхъ вызываетъ сокращеніе мышцъ и обусловленное имъ движеніе соединенныхъ съ этими мышцами костей. Поэтому эти нервы называются моторными или двигательными. Всѣ мышцы тѣла снабжены такими нервами, даже и тѣ, которыя не соединены съ костями, какъ, напримѣръ, мышцы внутренностей. Такимъ же образомъ соединены нервы съ железами; раздраженіе ихъ обусловливаетъ секрецію железъ. Поэтому ихъ называютъ секреторными нервами. Но откуда-же получаютъ нервы необходимыя для ихъ дѣйствія возбужденія?

Чтобы изслѣдовать это, мы должны подождать, пока не пройдетъ сонъ отъ морфія. Зашивши рану послѣ перерѣзки нерва и, наблюдая затѣмъ животное, сдѣлавшееся снова бодрымъ, мы замѣчаемъ, что при хожденіи и прыганьѣ нога съ перерѣзанными нервами совершаетъ неловкія движенія. Часть мышцъ ноги и именно тѣ, которыя связаны были съ перерѣзаннымъ нервомъ, какъ принято говорить, парализованы. Такимъ образомъ, мы видимъ, что всякія возбужденія или раздраженія, проводимыя у неповрежденнаго животнаго по нервамъ къ мышцамъ, должны выходить отъ чего-то, съ чѣмъ связаны нервы въ своемъ верхнемъ или центральномъ концѣ. Это «нѣчто»—есть центральная нервная система. Это заключеніе мы можемъ подтвердить новымъ опытомъ. Если мы разрушимъ у животнаго центральную нервную систему, то парализуются всѣ мышцы *) и прекращаются всѣ произвольныя движенія.

Поэтому мы должны приписать центральной нервной системѣ способность, въ силу которой въ ней вслѣдствіе причинъ, оставляемыхъ нами пока въ сторонѣ, возникаютъ возбужденія или раздраженія, проводимыя по периферическимъ нервамъ къ мышцамъ и обусловливающія сокращеніе послѣднихъ. Но наблюденіе животнаго, у котораго мы перерѣзали нервъ на ногѣ, учитъ насъ еще кой-чему другому. Если мы ущипнемъ животное за какое нибудь мѣсто его тѣла, если прикоснемся къ нему горячей проволокой или вообще какъ нибудь сильно подѣйствуемъ на поверхность его тѣла, то животное своимъ поведеніемъ покажетъ, что оно чувствуетъ боль; оно кричитъ, пытается бѣжать, отдергиваетъ раздражаемый членъ и т. п. Но если мы продѣлаемъ то же самое съ лапой той ноги, нервы которой перерѣзаны, то не вызовемъ никакого эффекта. Микроскопическое изслѣдованіе показываетъ, что въ перерѣзанномъ нами нервѣ рядомъ съ двигательными волокнами, идущими къ мышцамъ, заключаются другія, идущія къ кожѣ и въ ней оканчивающіяся. Такимъ образомъ ближе всего принять, что ими обусловливаются ощущенія. Это предположеніе также подтверждается дальнѣйшимъ опытомъ. Эти нервы второго рода мы называемъ чувствительными волокнами **).

*) За исключеніемъ мышцъ сердца и брюшныхъ внутренностей, возбуждающіе органы которыхъ заложены въ нихъ самихъ. Этотъ опытъ лучше производить на лягушкѣ, которая дольше переживаетъ эту тяжелую операцію.

**) Въ нервѣ кролика, на которомъ мы поставили опытъ, находятся оба рода нервныхъ волоконъ, это — смѣшанный нервъ. Но существуютъ также нервы, которые заключаютъ

Но и они только посредники или проводники возбужденій, само ощущеніе возникаетъ въ центральномъ органѣ нервной системы.

Что и болѣе слабое раздраженіе, легкое давленіе на кожу, поглаживанье и т. д., равно какъ свѣтовыя и звуковыя впечатлѣнія вызываютъ ощущенія, не связанныя съ болью, мы можемъ судить по поведенію животнаго. Но мы не можемъ получить болѣе точныхъ данныхъ касательно ощущеній путемъ наблюденія и опыта на животныхъ. Мы лучше познаемъ эти процессы изъ наблюденій, которыя мы имѣемъ случай постоянно производить на самихъ себѣ, и мы знаемъ, что съ ощущеніями связаны затѣмъ процессы сознанія, иногда чувства боли или радости и другія такъ называемые психическіе или душевные процессы. О томъ, что то же самое можетъ происходить и у животныхъ, мы заключимъ изъ тѣхъ послѣдствій, которыя вызываются у нихъ прикосновеніемъ къ кожѣ, звуковыми или свѣтовыми впечатлѣніями. Этимъ поверхностнымъ обзоромъ мы должны пока ограничиться.

Рядомъ съ такъ называемыми произвольными движеніями въ центральномъ органѣ происходятъ также другія возбужденія, обозначаемыя нами, какъ непроизвольныя, такъ какъ они, согласно собственному нашему наблюденію, происходятъ сами по себѣ безъ того, чтобы имъ въ нашемъ сознаніи предшествовалъ волевой актъ. Въ качествѣ примѣра назову дыхательныя движенія. Если разрушить опредѣленное мѣсто центральной нервной системы, то всѣ дыхательныя движенія прекращаются. Но что возбужденіе движеній можетъ происходить и внѣ самой центральной нервной системы, обнаруживается на сердцѣ, еще продолжающемъ правильно биться при совершенно разрушенной центральной нервной системѣ или даже при удаленіи его изъ тѣла животнаго *).

Непроизвольныя движенія происходятъ также вслѣдствіе раздраженія чувствительныхъ нервовъ. Если, напр., свѣтъ лампы, пропущенный черезъ линзу, направить на глазъ нашего кролика, то мы увидимъ суженіе зрачка; если мы затѣмъ затѣнимъ глазъ, то зрачекъ расширяется снова. Если мы нѣжно погладимъ кролика по щекѣ, то ухо соотвѣтственной стороны приподымется; какъ только прекратится радраженіе чувствительныхъ нервовъ, оно тотчасъ опустится назадъ. Мы называемъ эти движенія рефлексами; они вызываются тѣмъ, что раздраженіе, вызванное въ чувствительныхъ нервахъ, проводится къ центральному органу и тамъ передается двигательнымъ нервамъ. Какъ мы знаемъ изъ аналогичныхъ наблюденій надъ самими собой, эта передача происходитъ совершенно независимо отъ того, обусловливаетъ ли раздраженіе чувствительнаго нерва одновременное появленіе чувства сознанія или нѣтъ. Рефлекторныя движенія часто имѣютъ характеръ цѣлесообразности и нерѣдко служатъ для защиты отъ вредныхъ моментовъ.

Изъ всего этого слѣдуетъ, что центральной нервной системой не только регулируется отношеніе животнаго къ внѣшнему міру, но что и отдѣльные процессы, протекающіе внутри тѣла, черезъ ея посредство приводятся въ согласіе между собой, что для надлежащаго и цѣлесообразнаго теченія отдѣльныхъ жизненныхъ процессовъ имѣетъ большую важность. Только благодаря нервной системѣ животное способно удовлетворить многочисленнымъ требованіямъ, предъявляемымъ жизнью. Черезъ посредство нервной системы оно испытываетъ голодъ и жажду и ищетъ пищу. Нервной системой приводятся въ движеніе мышцы, дѣятельностью которыхъ обусловливается захватываніе пищи, жеваніе, проглатываніе и продвиганіе ее въ кишечникѣ. Нервная система регулируетъ дѣятельность сердца, поддержи-

---

только одинъ родъ волоконъ, которые, слѣдовательно, или только двигательные или только чувствительные. Извѣстные чувствительные нервы, идущіе къ опредѣленнымъ органамъ, глазу, уху и т. д., будучи раздражаемы, обусловливаютъ опредѣленный родъ ощущеній: свѣтовыя, слуховыя и т. д. Поэтому ихъ называютъ сенсорными или нервами органовъ чувствъ.

*) Конечно, только короткое время. Сокращеніе вырѣзаннаго сердца можно наблюдать болѣе долгое время у холоднокровныхъ животныхъ, напр., у лягушки.

ваетъ этимъ правильное кровообращеніе, обусловливаетъ и регулируетъ дыхательныя движенія, благодаря которымъ воспринимается необходимый для жизни кислородъ и удаляется образующаяся въ тѣлѣ углекислота. Нервная система обусловливаетъ также дѣятельность железъ какъ экскреторныхъ, такъ и секреторныхъ. Она обусловливаетъ, наконецъ, отношеніе животнаго къ внѣшнему міру, ощущенія и возникающіе изъ нихъ психическіе процессы.

Чтобы дополнить этотъ обзоръ жизненныхъ явленій, наблюдаемыхъ у кролика, я долженъ еще, хотя и вкратцѣ, напомнить нѣкоторые важные факты. То, что мы до сихъ поръ наблюдали, относилось къ взрослому животному. Но мы знаемъ, что онъ не всегда былъ такимъ. Онъ родился и выросъ до своей настоящей величины; нѣкоторое время онъ остается въ этомъ состояніи, а затѣмъ умираетъ или отъ случайныхъ внѣшнихъ причинъ, или отъ болѣзни или, безъ внѣшняго повода, отъ старческой слабости *). Его рожденію предшествовало развитіе внутри материнскаго тѣла. Исторія развитія учитъ, что животное возникаетъ изъ яйца, которое многократно дѣлится; изъ раздѣлившихся частей (клѣтокъ) образуются всѣ ткани и органы. Чтобы развитіе могло произойти, яйцо должно быть оплодотворено. Способъ оплодотворенія и процессы развитія живыхъ существъ протекаютъ различно. Ихъ можно легче, чѣмъ у млекопитающихъ, прослѣдить у другихъ животныхъ. Но самый фактъ, что каждое индивидуальное живое существо имѣетъ ограниченную продолжительность жизни, тогда какъ сохраненіе вида обезпечено надолго вслѣдствіе постояннаго появленія новыхъ индивидуумовъ, находитъ себѣ постоянное подтвержденіе среди всѣхъ живыхъ существъ.

Краткое, поверхностное разсмотрѣніе физіологіи кролика имѣло цѣлью указать на жизненныя явленія въ ихъ основныхъ чертахъ. Отъ болѣе глубокаго проникновенія въ суть процессовъ мы должны были воздержаться. Дѣло шло только о томъ, чтобы получить представленіе о характерѣ тѣхъ задачъ, которыми занимается физіологія. Хотя есть много живыхъ существъ, у которыхъ жизненные процессы протекаютъ иначе, однако, мы увидѣли, что основныя явленія жизни у всѣхъ живыхъ существъ имѣютъ очень сходный характеръ. Задача отдѣльнаго изслѣдованія состоитъ въ томъ, чтобы прослѣдить всѣ явленія настолько далеко, насколько это возможно при современныхъ научныхъ методахъ; въ общей физіологіи напротивъ, на первомъ мѣстѣ стоитъ стремленіе возможно ясно представить основныя черты жизненныхъ явленій и освѣтить ихъ связь какъ между собою, такъ и съ явленіями неодушевленной природы.

ДВѢНАДЦАТАЯ ГЛАВА.

Организмы и простѣйшія живыя существа.

1. Организмы. То, что мы узнали изъ предыдущей главы о жизненныхъ явленіяхъ, совершающихся въ тѣлѣ млекопитающаго животнаго, позволяетъ намъ сдѣлать нѣкоторыя сравненія. Всякое животное можно разсматривать, какъ сложную машину, или, лучше сказать, какъ большую фабрику. Здѣсь, какъ и тамъ, вводится и перерабатываются различныя вещества; образующіеся продукты удаляются прочь; причемъ во время дѣятельности какъ фабрики, такъ и животнаго совершается разнообразная работа. Эта разнообразная работа распредѣлена у животнаго по органамъ, подобно тому, какъ на фабрикѣ различныя машины служатъ къ выполненію опредѣленныхъ отдѣльныхъ частностей общей фабричной работы. Какъ на фабрикѣ, такъ и въ животномъ организмѣ общая работа идетъ тѣмъ совершеннѣе, чѣмъ лучше машина

*) Продолжительность жизни кролика 7—8 лѣтъ.

или органъ приноровлены для своей спеціальной дѣятельности. Млекопитающія животныя отличаются отъ другихъ животныхъ большимъ развитіемъ спеціальныхъ органовъ для спеціальныхъ отправленій; у прочихъ животныхъ жизненныя отправленія также распредѣлены между бо́льшимъ или меньшимъ числомъ органовъ, но только другимъ образомъ. Существуютъ, однако, животныя, совершенно не имѣющія никакихъ спеціальныхъ органовъ, съ которыми были бы связаны тѣ или другія жизненныя явленія этихъ животныхъ; подобныхъ животныхъ поэтому именуютъ простѣйшими. Они являются простѣйшими морфологически, такъ какъ тѣло ихъ соотвѣтствуетъ только одной клѣткѣ сложныхъ животныхъ. Однако, для физіолога онѣ представляются менѣе элементарными, чѣмъ для морфолога, такъ какъ въ тѣлѣ этихъ простыхъ организмовъ, представляемомъ только одною клѣткою, одновременно совершаются различные жизненные процессы, которые у сложныхъ живыхъ существъ распредѣлены между различными органами. Изученіе жизненныхъ явленій на простыхъ организмахъ связано съ большими трудностями; но оно дополняетъ во многихъ отношеніяхъ то, что изучается на сложныхъ, потому что извѣстные процессы могутъ быть наблюдаемы на простыхъ организмахъ непосредственно, такъ что такія непосредственныя наблюденія могутъ служить для выясненія того, какимъ образомъ возникли спеціальныя отправленія различныхъ органовъ.

Каждому органу какого-либо сложнаго животнаго существа, напр. кролика, свойственна извѣстная, совершенно опредѣленная дѣятельность, которую онъ выполняетъ; органъ имѣетъ,—выражаясь физіологически,—опредѣленную функцію. Функціи отдѣльныхъ органовъ стоятъ въ связи между собою; нарушенія въ дѣятельности одного нерѣдко влекутъ за собою разстройства въ отправленіяхъ другихъ. Поэтому сложное живое существо является недѣлимою единицею, оно есть индивидуумъ (особь). Такъ какъ подобный индивидуумъ представляется сложеннымъ изъ извѣстнаго числа органовъ, то онъ называется организмомъ.

Организмамъ мы можемъ противопоставить, какъ механизмъ, сдѣланныя руками человѣка машины, которыя бываютъ также весьма сложными, составленными изъ многихъ частей, стоящихъ между собою въ извѣстной связи. Мы можемъ прослѣдить, насколько организмы и машины различаются между собою, и что общаго они имѣютъ. Между животнымъ и паровою машиною, напр., можно найти много аналогичнаго. Имъ обоимъ доставляется углеродъ, въ томъ или другомъ видѣ, и кислородъ; тѣ же продукты, которые возникаютъ изъ этихъ матеріаловъ, выводятся вонъ. И животное и машины превращаютъ получаемую ими потенціальную энергію въ кинетическую, обнаруживающуюся въ видѣ механической работы и тепла. Какъ организмъ является сложеннымъ изъ отдѣльныхъ органовъ, такъ механизмъ представляется выстроеннымъ изъ отдѣльныхъ рычаговъ, колесъ и пр., взаимодѣйствіемъ которыхъ обусловливается общая, цѣльная работа. Поэтому-то является возможнымъ устраивать такіе механизмы, которые могутъ подражать, хотя бы только поверхностнымъ образомъ, какой-либо работѣ, выполняемой животными, — такъ называемые автоматы *).

2. Различные виды организаціи. Если мы сравнимъ какое-либо позвоночное животное съ улиткою или ракомъ, то найдемъ, что не только ихъ внѣшнія формы, но также и органы, съ ихъ взаимнымъ расположеніемъ и съ свойственной имъ тою или другою спеціальною дѣятельностью, представляются въ извѣстной степени различными. Если, нако-

*) Любовь къ автоматамъ была весьма распространена въ XVIII столѣтіи. Вокансонъ (1709—1771) сдѣлалъ утку, которая бѣгала, крякала, ѣла и даже, какъ бы переваривала пищу; далѣе, игрока на флейтѣ, который могъ играть двѣнадцать пьесъ; барабанщика, который правою рукою барабанилъ, въ то время, какъ игралъ на пастушеской дудкѣ, держа ее лѣвою рукою. Иныя изъ этихъ игрушекъ оказали наукѣ извѣстныя услуги, поскольку онѣ дали поводъ къ изслѣдованію механической стороны извѣстныхъ физіологическихъ явленій. Сюда можно отнести, наприм., говорящую машину Фанъ-Кемпелена, которая попала изъ берлинской королевской кунстъ-камеры въ тамошній физіологическій институтъ, гдѣ погибла при одномъ пожарѣ. Звуки, соотвѣтствующіе гласнымъ, производились въ ней совершенно, какъ и въ человѣческой гортани, съ помощью перепончатаго язычка; звуки же, соотвѣтствующіе согласнымъ, осуществлялись благодаря наставной трубкѣ, игравшей роль полости рта и носа. Желаемый акустическій эффектъ достигался черезъ измѣненіе формы этой наставной трубки. Иныя слова машина могла произносить совершенно явственно.

нецъ, сравнить животное съ растеніемъ, то, повидимому, между ними можно найти мало общаго. Сами растенія являются по отношенію другъ къ другу болѣе или менѣе различными; дубъ, ель, мохъ и грибъ — всѣ суть представители извѣстныхъ типовъ растеній, у каждаго изъ нихъ признаки, общіе растеніямъ, обнаруживаются различнымъ образомъ. Если мы пересмотримъ всѣ извѣстныя живыя существа, то мы найдемъ различныя ступени организаціи, но пока является невозможнымъ установить какой-либо классификаціонный рядъ, въ которомъ мы, идя отъ представителей съ простѣйшею организаціею къ животнымъ, болѣе совершенно организованнымъ, могли бы расположить всѣ живыя существа. Наиболѣе удается въ общей классификаціи такое расположеніе живыхъ существъ, выраженіемъ котораго является форма вѣтвящагося дерева, мельчайшія конечныя вѣтки котораго представляютъ собою наиболѣе совершенно организованныя существа, въ то время какъ наиболѣе просто организованныя расположены ближе къ его стволу. При такой генеалогической схемѣ, самъ стволъ является представителемъ такихъ живыхъ существъ, которыя лишены какого-либо вообще, или какого-либо явственнаго раздѣленія на органы. Стволъ этотъ даетъ двѣ главныя вѣтви, — растенія и животныя; дальнѣйшія развѣтвленія этихъ двухъ главныхъ вѣтвей представляютъ типы, классы, порядки, роды и виды, на которые ботаники и зоологи раздѣляютъ всѣ доселѣ извѣстныя растенія и животныя.

Классификація живыхъ существъ представляется тѣмъ совершеннѣе, чѣмъ больше признаковъ, характерныхъ для представителей разныхъ отдѣльныхъ группъ, принято во вниманіе при ея составленіи. При классифицированіи вмѣстѣ съ внѣшними, легко распознаваемыми отличительными чертами классифицируемыхъ особей по мѣрѣ развитія нашихъ знаній берутся въ расчетъ также и данныя анатоміи и гистологіи; вмѣстѣ съ морфологическими признаками также и физіологическія данныя, исторія развитія тѣхъ или другихъ органовъ, ихъ функція и пр. Въ то время, какъ въ предѣлахъ того или другого типа (обозначаемаго по выше данной схемѣ, представленной въ формѣ дерева, одною изъ большихъ вѣтвей) размѣщеніе классифицируемыхъ объектовъ по степени усложненія ихъ организаціи сравнительно легко выполнимо, часто является труднымъ рѣшить, гдѣ въ вышеуказанной схемѣ надо помѣстить данный типъ.

И такъ, наиболѣе высоко отходящія вѣтви и вѣтки того дерева, которое фигурально служитъ для классификаціи, представляютъ собою формы съ высшею степенью усложненія строенія. Такъ какъ съ такимъ усложненіемъ строенія организмовъ бываютъ обыкновенно связаны также и большое разнообразіе въ ихъ жизненныхъ отправленіяхъ, высшія функціональныя способности, хотя бы только въ извѣстныхъ отношеніяхъ, то такія живыя существа, именно являющія высшую организацію, называются попросту в ы с ш и м и, въ противоположность низшимъ, у которыхъ жизненные процессы протекаютъ, такъ сказать, въ менѣе развитой формѣ. Изъ этого слѣдуетъ, что организмы, называемые нами низшими или п р о с т ѣ й ш и м и, должны быть въ физіологическомъ отношеніи болѣе сложными, чѣмъ о т д ѣ л ь н ы е о р г а н ы высшихъ организмовъ, такъ какъ они соединяютъ въ себѣ тѣ свойства, которыя у высшихъ организмовъ распредѣлены между р а з л и ч н ы м и о р г а н а м и. Отправленія этихъ органовъ иногда являются столь очевидными, что они могутъ быть изслѣдуемы безъ какихъ либо вспомогательныхъ средствъ. Напротивъ того, у болѣе простыхъ организмовъ изслѣдованіе ихъ затрудняется уже тѣмъ, что многіе изъ нихъ видимы только съ помощью микроскопа; вслѣдствіе ихъ незначительной величины къ нимъ совершенно непримѣнимы методы изслѣдованія, приложимые къ другимъ живымъ существамъ. Изслѣдованія органовъ высшихъ организмовъ и изслѣдованія простѣйшихъ организмовъ должны дополнять другъ друга.

3. Амёбы. Изъ большаго числа наиболѣе извѣстныхъ микроскопическихъ организмовъ, которые встрѣчаются отчасти въ свободномъ состояніи,—въ водѣ прудовъ, морей и т. д., отчасти въ паразитномъ,—внутри другихъ организмовъ или на поверхности этихъ послѣднихъ, мы выбираемъ только одинъ родъ, такъ какъ онъ наиболѣе подходитъ для нашей ближайшей цѣли. Въ илѣ стоячихъ водъ нерѣдко находятъ образованія, которыя зоологами зовутся а м ё б а м и. Если перенести каплю воды изъ дождевой лужи подъ микроскопъ, то можно въ ней найти подлѣ другихъ (отчасти быстро двигающихся) микроскопическихъ живыхъ существъ одну или нѣсколько амёбъ. Такая амёба, какъ, напр., одна изъ представленныхъ на рис. 43, есть небольшое образованіе, видимое въ водѣ благодаря своему

болѣе сильному свѣтопреломленію; внѣшніе края его представляются свѣтлыми, стеклообразными, въ то время какъ бо́льшая часть содержимаго мутна и имѣетъ видъ матоваго стекла, благодаря тому, что въ немъ лежатъ многочисленныя мелкія зерна. Кромѣ того, внутри амебы видно большей величины особое образованіе, — ядро (рис. 43, *n*), *nucleus*, и обыкновенно рядъ большихъ или меньшихъ тѣлецъ, различныхъ по виду и свойствамъ,— такъ называемыхъ включеній, равно какъ одно или нѣсколько свѣтлыхъ мѣстъ,—вакуолей (рис. 43, *v*).

Болѣе точное ознакомленіе съ строеніемъ амебы мы получаемъ благодаря примѣненію реактивовъ, особенно красящихъ веществъ. Извѣстныя красящія вещества окрашиваютъ тѣло амебы столь сильно, что уже незначительныя количества, которыя вызываютъ едва замѣтную окраску воды, дѣлаютъ амебъ болѣе явственными. При этомъ зернистое содержимое амебы окрашивается сильнѣе, чѣмъ края ея, и ядро (иногда встрѣчается нѣсколько ядеръ) выступаетъ совершенно очевидно. При пользованіи сильнымъ увеличеніемъ (приблизительно въ 1000 разъ) оказывается, что ядро окружено нѣжною оболочкою, и что содержимое его состоитъ изъ неокрашенной массы, въ которой заложена окрашенная масса въ видѣ зернышекъ, нитей или скопленій на извѣстныхъ мѣстахъ. Окрашиваемая масса ядра называется хроматиномъ, неокрашиваемая — ахроматиномъ. Кромѣ того, въ ядрѣ встрѣчается еще третье вещество, сильно преломляющее свѣтъ, въ водѣ и водныхъ растворахъ мало взбухающее; вещество это, если оно сосредоточено болѣе въ одномъ мѣстѣ, образуетъ ядрышко или *nucleolus*. Иногда находятъ также нѣсколько ядрышекъ.

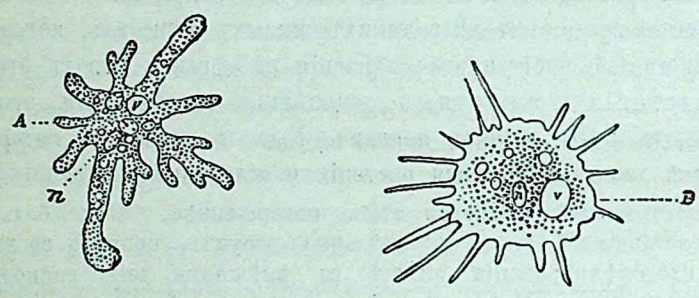


Рис. 43.
Амебы. *A*—*Amoeba proteus*. *B* *Amoeba polypodia*, на послѣдней хорошо видно различіе между эктозаркомъ и энтозаркомъ. *n* - ядро, *v* — вакуоля.

Итакъ, амеба состоитъ изъ мелкозернистой массы, окруженной слоемъ прозрачнаго вещества, и ядра. Масса эта носитъ наименованіе «протоплазмы». При незначительномъ количествѣ ея является невозможнымъ установить ея составъ путемъ химическаго анализа. Микрохимическія реакціи и данныя, установленныя на другихъ подобныхъ образованіяхъ, позволяютъ полагать, что въ составъ ея входятъ бѣлковыя тѣла, тѣсно смѣшанныя съ другими органическими соединеніями (въ особенности жирами и углеводами) и неорганическими. Всѣ эти вещества частью растворены въ водѣ, частью находятся только въ состояніи набуханія. Консистенція всей массы соотвѣтствуетъ тому полужидкому состоянію, о которомъ подробно была рѣчь въ главѣ 7 и которое для живого существа является характернымъ.

Внѣшній, вышеупомянутый слой тѣла амебы не представляетъ собою какой-либо оболочки, отличной по химическому составу отъ остальной протоплазмы. Если расщепить амебу съ помощью иглъ, то можно видѣть, что каждый полученный кусочекъ ея является окруженнымъ подобнымъ слоемъ. Біологи, однако, именуютъ этотъ внѣшній слой амебы особо, чтобы отличить его отъ остальной протоплазмы, именно называютъ его эктозаркомъ, внутреннюю же протоплазму — энтозаркомъ.

Когда взбухшія коллоидныя вещества приходятъ въ соприкосновеніе съ такими жидкостями, которыя имѣютъ другой составъ, чѣмъ жидкость, пропитывающая данную коллоидную массу, тогда всегда можетъ возникнуть на коллоидной массѣ особый наружный слой, при извѣстныхъ условіяхъ даже настоящая оболочка. Если помѣстить на стеклышко каплю яичнаго

бѣлка, а подлѣ нея каплю оливковаго масла и разсматривать при слабомъ увеличеніи мѣсто соприкосновенія ихъ, то можно здѣсь замѣтить блестящую, сильно преломляющую свѣтъ поверхность, которая по своему виду отличается, какъ отъ бѣлка, такъ и отъ масла. При потрагиваніи какой либо-изъ этихъ капель иглою можно видѣть, что означенная блестящая поверхность ложится складками, какъ это было бы со всякою тонкою плотною перепонкою, при потрагиваніи ея иглою. Дѣйствительно, при соприкосновеніи яичнаго бѣлка съ жиромъ возникаетъ на мѣстѣ соприкосновенія осадокъ, а именно вслѣдствіе соединенія части основаній, находящихся въ жидкомъ яичномъ бѣлкѣ, съ жирными кислотами масла. Возникновеніемъ такой перепонки, такъ называемой гаптогенной, прежде объясняли образованіе плотной перепончатой оболочки вокругъ каждаго протоплазматическаго тѣла; однако въ естественныхъ условіяхъ нѣтъ данныхъ для ихъ образованія, такъ какъ живыя протоплазматическія массы пребываютъ не въ маслѣ, а въ водныхъ жидкостяхъ.

Тѣмъ не менѣе, при извѣстныхъ условіяхъ настоящія оболочки образуются частью вслѣдствіе химическаго взаимодѣйствія между жидкостью и протоплазмою, частью вслѣдствіе химическихъ измѣненій, совершающихся внутри самой протоплазмы. Въ первомъ случаѣ мы можемъ говорить объ осадочной оболочкѣ, во второмъ — объ выдѣлительной оболочкѣ (ср. гл. 7 § 10). Но мы можемъ съ увѣренностью говорить о наличности оболочки у какой-либо протоплазматической массы только тогда, когда она является рѣзко отграниченною какъ снаружи, такъ и внутри, такъ что при достаточно сильномъ увеличеніи виденъ двойной контуръ, т. е., если данная протоплазматическая масса представляется окруженною двумя явственными, концентрическими линіями.

У амебы не имѣется такой оболочки; внѣшняя граница тѣла амебы выражена совершенно явственно, но эктозаркъ переходитъ въ энтозаркъ незамѣтно, постепенно. Это обстоятельство, равно какъ опыты съ разрѣзаніемъ тѣла амебы указываютъ опредѣленно на то, что у амебы не имѣется настоящей оболочки. Вѣроятно, внѣшніе слои ея протоплазмы имѣютъ нѣсколько болѣе плотную консистенцію, такъ какъ окружающая вода извлекаетъ изъ нихъ часть содержащихся въ нихъ солей, вслѣдствіе чего бѣлковыя вещества претерпѣваютъ измѣненіе касательно ихъ способности растворяться и взбухать.

Ядро мы должны разсматривать, какъ необходимую составную часть амёбы. Конечно, существуютъ амебы; которыя, не будучи окрашены, не обнаруживаютъ ядра. Но послѣ того или другого надлежащаго окрашиванія, въ протоплазмѣ ихъ тамъ и сямъ выступаютъ рѣзко окрашенныя небольшія образованія, подобныя хроматину ядра. Повидимому въ этихъ случаяхъ ядерное вещество бываетъ распредѣлено по всей протоплазмѣ, а не собрано въ одномъ мѣстѣ. Химическія изслѣдованія, произведенныя на другихъ живыхъ существахъ, у которыхъ можно ядерное вещество собирать въ большихъ количествахъ, показали, что въ составъ этого вещества входятъ извѣстныя бѣлковыя тѣла, которыя существенно отличаются отъ другихъ бѣлковыхъ тѣлъ, и извѣстны подъ именемъ нуклеиновыхъ тѣлъ (см. гл. 10, § 16 и 18).

Кромѣ того, внутри протоплазматической массы амебы могутъ встрѣчаться еще другія тѣла, какъ-то остатки растеній, цѣлые микроскопически малые организмы, какъ напр., діатомовыя водоросли и т. д., о которыхъ мы уже упоминали, обозначая ихъ подъ именемъ «включеній». Они не принадлежатъ тѣлу амебы, подъ которымъ мы разумѣемъ протоплазму ея и ядро; но попадаютъ въ амебу извнѣ. Какъ это послѣднее происходитъ, мы сейчасъ узнаемъ.

4. Движенія амебы. Обстоятельство, заставляющее насъ считать разсматриваемый нами комокъ органической массы за живое существо, есть то, что эти массы одарены способностью къ самостоятельнымъ движеніямъ. Точное наблюденіе этихъ движеній производится лучше всего въ висячей каплѣ. Для этой цѣли берутъ каплю воды, содержащей амебъ, на покровное стеклышко и, перевернувъ его, помѣщаютъ его на предметное стекло такимъ образомъ, что оно лежитъ на немъ не непосредственно, а на низенькихъ восковыхъ или стеклянныхъ подставочкахъ; поэтому, амебы, находящіяся въ такой висячей каплѣ, защищены отъ какого-либо давленія покровнаго стекла. Можно также для подобныхъ наблюденій пользоваться предметнымъ стекломъ, въ которомъ сдѣлано не-

большое углубленіе, или на которое наклеено небольшое, низкое кольцо. Если прикрыть перевернутымъ покровнымъ стекломъ, съ находящеюся на немъ изслѣдуемою каплею, подобную небольшую полость, образованную на предметномъ стеклѣ, то получаютъ влажную камеру. Болѣе сложною и для описываемыхъ наблюденій болѣе удобною является такая влажная камера, въ которой и температура воды, содержащей наблюдаемыхъ амебъ, и составъ воздуха, находящагося въ соприкосновеніи съ водою, могутъ быть регулируемы по усмотрѣнію наблюдателя.

Если наблюдаютъ амебъ, живущихъ при указанныхъ условіяхъ, сначала въ атмосферномъ воздухѣ и при комнатной температурѣ, то видятъ, что форма ихъ постоянно мѣняется. Здѣсь или тамъ на тѣлѣ амебы появляется отростокъ; отростокъ сначала прозраченъ, потомъ въ него начинаетъ переходить зернистая масса энтозарка, такъ что протоплазма его раздѣляется на внутреннюю часть, зернистую, и наружную, прозрачную. Такіе отростки могутъ иногда достигать значительной длины и быть очень тонкими. Обыкновенно вытягиваніе отростка скоро прекращается и начинается обратный процессъ: отростокъ втягивается и тѣло амебы округляется. По другомъ мѣстѣ поверхности амебы появляется новый отростокъ; иногда образуется одновременно нѣсколько отростковъ. Величина, какой достигаютъ отростки, ихъ форма (отростки бываютъ или толстые и лапчатые, или тонкіе и нитеобразные)—представляются у различныхъ видовъ амебъ различными.

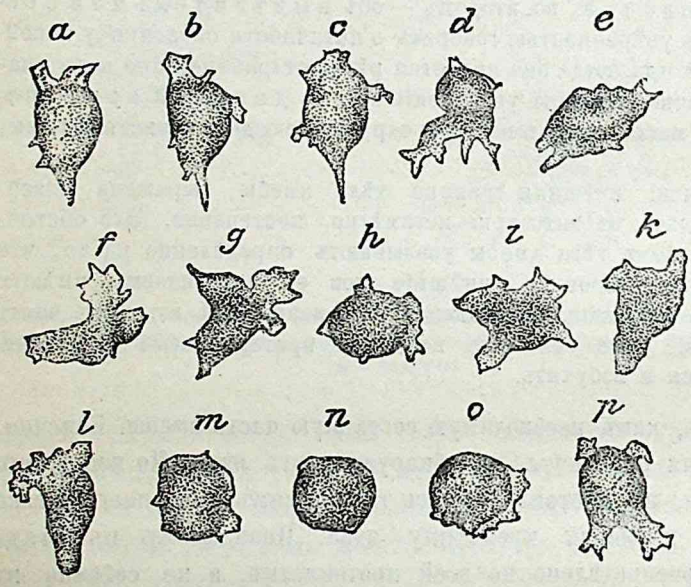


Рис. 44.
Измѣненія формы лейкоцита лягушки (по Энгельману). Тѣльце срисовывалось черезъ каждыя 5 минутъ. При *a* *c* температура была въ 12°. Потомъ она была повышена почти до 50°. Движенія сдѣлались весьма быстрыми, причемъ тѣльце перемѣщалось. При *m* начинается тепловое окоченѣніе. Теперь температура была понижена до 12°, и движенія начались опять.

Скорость, съ которою совершаются подобныя движенія амебъ, бываетъ весьма незначительною. Прослѣдить эти движенія, является испытаніемъ терпѣнія наблюдателя. Лучше всего поступаютъ такъ, что точно обозначаютъ очертанія какой-либо одной амебы черезъ опредѣленные промежутки времени, напр., черезъ 5—10 минутъ. Черезъ сравненіе послѣдовательныхъ рисунковъ, полученныхъ такимъ образомъ, дѣлаются явственными происходящія измѣненія формы наблюдаемой амебы. При повышеніи температуры движенія эти ускоряются. При температурѣ 40—50° они происходятъ такъ быстро, что срисовывать отдѣльныя стадіи ихъ становится невозможнымъ. Наоборотъ, движенія совершенно прекращаются при температурѣ, немного превышающей 0°; тѣло амебы принимаетъ видъ шара и остается таковымъ до тѣхъ поръ, пока температура вновь не повысится.

Часто случается, что одинъ изъ описанныхъ отростковъ прогрессивно увеличивается, такъ-что вся масса тѣла амебы постепенно переходитъ въ него; въ такомъ случаѣ амеба совершаетъ перемѣщеніе: она, такъ сказать, ползетъ *).

Такъ какъ отростки дѣйствуютъ при перемѣщеніи амебы, какъ «ноги», и такъ какъ

*) При наблюденіи амебы въ висячей каплѣ поверхность, по которой ползетъ амеба, лежитъ надъ амебою.

они, къ тому-же, не являются дѣйствительными, предобразованными органами, но возникаютъ только на время, то ихъ назвали ложными ногами, псевдоподіями. Способность передвигаться при помощи псевдоподій встрѣчается у всѣхъ организмовъ, подобныхъ по строенію амебамъ, равно какъ у нѣкоторыхъ клѣтокъ сложныхъ организмовъ; такія движенія называются амебоидными. Изъ клѣтокъ, входящихъ въ составъ сложныхъ организмовъ, наиболѣе походятъ на амебъ безцвѣтныя кровяныя тѣльца или лейкоциты, встрѣчающіяся въ крови высшихъ животныхъ вмѣстѣ съ красными кровяными тѣльцами. На рис. 44 (стр. 190) представлены различныя формы одного и того-же лейкоцита, которыя онъ послѣдовательно принимаетъ.

При болѣе высокихъ температурахъ движенія лейкоцита становятся быстрѣе. Но если температура поднимается выше 45°, то они опять замедляются; лейкоцитъ собирается въ шаръ и совершенно прекращаетъ свои движенія. Если это «тепловое окоченѣніе» продолжается болѣе или менѣе долгое время, то лейкоцитъ умираетъ; но если температура въ надлежащій моментъ понижается, то движенія лейкоцита возобновляются. Все это можно равнымъ образомъ наблюдать и на амебахъ.

Движенія амебъ могутъ быть вызваны также искусственнымъ путемъ, именно, черезъ уколы, давленіе, внезапныя колебанія температуры, или электрическіе токи. Такія воздѣйствія, которыя побуждаютъ протоплазму амебъ сокращаться, называются раздраженіями; способность протоплазмы реагировать на раздраженія называется раздражимостью. Раздражимость, одно изъ наиболѣе выдающихся свойствъ всякаго живого вещества, является здѣсь, у этихъ организмовъ, въ одной изъ простѣйшихъ своихъ формъ.

5. Поглощеніе посторонних тѣлъ. Если амёба, при своихъ движеніяхъ, наталкивается на твердое тѣльце, будь это какое-либо неорганическое вещество, или микроскопическій организмъ, или обрывокъ его, какъ нерѣдко встрѣчается въ водахъ, въ которыхъ водятся амёбы, то выпущенныя амёбою псевдоподіи обходятъ вокругъ подобнаго предмета, охватываютъ его, подобно рукамъ и послѣ этого сливаются другъ съ другомъ, такъ что данное постороннее тѣло оказывается теперь заключеннымъ въ протоплазму. Обыкновенно, въ заключеніе, псевдоподіи втягиваются обратно и захваченный предметъ переносится внутрь тѣла амёбы. Такимъ образомъ попадаютъ въ амебы выше упомянутыя «включенія». Такъ какъ такое поглощеніе постороннихъ тѣлъ происходитъ тѣмъ чаще, чѣмъ больше какихъ либо твердыхъ частицъ находится возлѣ амёбъ, то является возможнымъ вызвать этотъ процессъ искусственно, именно, если прибавить къ водѣ, въ которой производится наблюденіе амебъ, какого-либо окрашеннаго порошка, напр. порошка китайской туши, кармина, индиго и пр. Тогда амёбы начинаютъ вбирать зернышки въ себя и таскаютъ ихъ вмѣстѣ съ собою, при своихъ передвиженіяхъ.

Спустя нѣкоторое время такія зернышки выталкиваются вонъ тѣломъ амёбы. При непрерывныхъ измѣненіяхъ формы амёбы каждое зернышко приближается постепенно къ краю ея тѣла, достигаетъ его и при одномъ изъ сокращеній тѣла выталкивается наружу, причемъ не бываетъ замѣтно какого-либо поврежденія протоплазмы на мѣстѣ выхода посторонняго тѣльца, такъ какъ протоплазма тотчасъ по его выходѣ опять сливается. Но если какія-либо органическія тѣла, напр., обрывки растеній, или микроорганизмы какого-либо рода захватываются амебами, то тогда замѣчаютъ, что онѣ постепенно уменьшаются. Эти тѣла не растворимы сами по себѣ въ водѣ, такъ какъ въ такомъ случаѣ они не могли-бы оставаться нерастворенными въ водѣ, окружающей амёбу. Итакъ, мы должны принять, что такія тѣла претерпѣваютъ въ тѣлѣ амёбы химическое превращеніе, послѣ чего они дѣлаются растворимыми въ водѣ и могутъ путемъ диффузіи смѣшаться съ водой, пропитывающей тѣло амёбы. По аналогіи съ подобными процессами, наблюдаемыми у другихъ жи-

выхъ существъ, мы говоримъ, что амёбы пожираютъ постороннія тѣла, нѣкоторыя изъ этихъ послѣднихъ онѣ перевариваютъ, питаются ими *).

Съ принятіемъ пищи связано увеличеніе массы организма. Дѣйствительно, на тѣхъ амёбахъ, которыя получаютъ достаточно пищи, мы можемъ видѣть, наблюдая ихъ продолжительно, что онѣ становятся постепенно больше и больше, онѣ растутъ. Увеличеніе въ ростѣ происходитъ не черезъ простое приложеніе новаго вещества къ старому, но новыя вещества проникаютъ между частицами тѣла амёбъ и равномѣрно распредѣляются между ними. Поэтому говорятъ, что амёба растетъ не черезъ наложеніе или юкстапозицію, но черезъ отложеніе или интуссусцепцію.

Если происходитъ такое отложеніе, то масса, вновь поступившая въ протоплазму, пріобрѣтаетъ всѣ свойства этой послѣдней. Такъ какъ всѣ живыя существа содержатъ въ себѣ бѣлки, жиръ и углеводы и, кромѣ того, воду и неорганическія соли, то можно полагать, что амёба въ своей растительной или животной пищѣ находитъ всѣ тѣ вещества, на счетъ которыхъ она можетъ увеличивать свою протоплазматическую массу. Но представляется невѣроятнымъ, чтобы принятая пища имѣла совершенно такія-же химическія качества, какими обладаетъ протоплазма амёбъ. Поэтому можно думать, что амёба обладаетъ способностью изъ всѣхъ выше указанныхъ основныхъ составныхъ частей пищи образовывать такую смѣсь, которая является подходящею, по составу, ея живой протоплазмѣ. Такой процессъ мы будемъ предварительно называть ассимиляціею **).

6. Обмѣнъ веществъ и дыханіе. По аналогіи съ другими живыми существами, должно предположить, что у амебы происходятъ еще и другіе химическіе процессы. При незначительной величинѣ амёбъ, многія сотни которыхъ содержатъ едва миллиграммъ твердыхъ веществъ, является невозможнымъ прослѣдить на этихъ организмахъ какіе-либо химическіе процессы въ отдѣльности. Однако, мы имѣемъ возможность сказать кое-что объ этихъ процессахъ. Вода лужъ, прудовъ и т. п.,—гдѣ водятся амёбы, можетъ поглощать газы атмосферы; эти послѣдніе должны черезъ диффузію проникать въ воду, пропитывающую тѣло амёбы. Если почему-либо давленіе газовъ внутри тѣла амёбы и внѣ его оказываются различными, то долженъ произойти обмѣнъ данныхъ газовъ. Если мы перенесемъ каплю воды съ находящимися тамъ амебами во влажную камеру и черезъ эту послѣднюю будемъ пропускать токъ водорода до тѣхъ поръ, пока находящійся въ камерѣ воздухъ не будетъ вытѣсненъ, то вмѣстѣ съ тѣмъ будетъ удаленъ также и кислородъ, который находился, въ поглощенномъ состояніи, въ водяной каплѣ, такъ какъ онъ приходитъ въ соприкосновеніе съ атмосферою, въ которой давленіе кислорода равно нулю. То же самое должно въ концѣ концовъ произойти и съ тѣмъ кислородомъ, который находится, въ поглощенномъ состояніи, въ водѣ, проникающей тѣло амёбы ***). При этомъ опытѣ оказывается, что движенія амёбы становятся медленнѣе и, наконецъ, совершенно прекращаются. Амёба вбираетъ свои псевдоподіи, дѣлается шарообразною и остается въ такомъ состояніи, не обнаруживая никакой жизни. Но какъ скоро начинаютъ пропускать черезъ камеру кислородъ, дви-

---

*) Если въ водѣ, окружающей амебъ, находятся вещества, подходящія для питанія (пептоны, сахаръ и т. п.), то они могли бы проникать въ тѣло амебъ черезъ диффузію и служить имъ для питанія, не претерпѣвая предварительно перевариванія. Подобнымъ образомъ происходитъ, какъ мы ниже увидимъ, питаніе у другихъ живыхъ существъ, которыя, будучи заключены въ твердую оболочку, не могутъ поглощать нерастворенныхъ веществъ.

**) Понятіе объ ассимиляціи не исчерпывается понятіемъ объ однихъ только химическихъ измѣненіяхъ. Болѣе подробно это понятіе будетъ выяснено въ другомъ мѣстѣ.

***) Химически связанный кислородъ не вытѣсняется водородомъ. Но существуютъ настолько непрочныя соединенія кислорода съ органическими веществами, что они при весьма низкомъ парціальномъ давленіи кислорода распадаются. Освободившійся такимъ образомъ кислородъ можетъ уйти.

женія амёбы возобновляются. Опытъ этотъ можно повторить нѣсколько разъ съ тѣмъ же результатомъ.

Лучше, чѣмъ съ водородомъ, удастся опытъ съ угольною кислотою. Такъ какъ этотъ газъ поглощается водою гораздо больше, чѣмъ водородъ, то онъ также много быстрѣе проникаетъ въ воду, пропитывающую тѣло амёбъ. Повидимому, углекислота имѣетъ и непосредственное вредное дѣйствіе на жизнедѣятельность амёбъ. Если оставить амёбу въ атмосферѣ этого газа болѣе долгое время, то прекратившіяся движенія уже не возобновляются, если даже начать пропускать кислородъ или атмосферный воздухъ черезъ камеру. Напротивъ того, водородъ является индифферентнымъ газомъ, т. е. онъ не дѣйствуетъ вредно самъ по себѣ, но оказываетъ вредное дѣйствіе постольку, поскольку онъ вытѣсняетъ кислородъ. Подобно водороду дѣйствуетъ и азотъ. Если пропускать смѣсь водорода и кислорода черезъ влажную камеру, то амёбы остаются безъ измѣненія; смѣсь этихъ газовъ вліяетъ на нихъ такъ-же, какъ атмосферный воздухъ.

Итакъ, присутствіе свободнаго кислорода является необходимымъ условіемъ для жизненныхъ процессовъ, совершающихся въ амёбахъ. Судя по аналогіи съ другими живыми существами, мы можемъ полагать, что кислородъ соединяется химически съ извѣстными составными частями протоплазмы амёбъ и что при этомъ окисленіи, среди прочихъ продуктовъ, возникаетъ также и углекислота, которая переходитъ въ окружающую среду (воду). Съ возникновеніемъ этой углекислоты, равно какъ и съ образованіемъ другихъ продуктовъ окисленія, связано извѣстное потребленіе веществъ, составляющихъ тѣло амёбъ; амёбы должны были бы въ зависимости отъ этого процесса уменьшаться въ своей массѣ. Итакъ, мы имѣемъ здѣсь дѣло съ такимъ же обмѣномъ веществъ, съ которымъ мы познакомились уже у кролика; одною изъ сторонъ этого обмѣна является дыханіе. Нужно также принять, что съ этими химическими процессами, протекающими у амебъ, связано и производство тепла. Но невозможно прослѣдить эти процессы экспериментально, такъ какъ массы, въ которыхъ они совершаются, слишкомъ малы. Количества угольной кислоты, которыя амеба выдѣляетъ въ теченіе даже долгаго времени, не могутъ быть опредѣлены химическими реакціями. Также и тепло, производимое ею, не можетъ повысить сколько-либо замѣтно температуру воды, въ которой пребываетъ амеба, въ особенности потому, что условія опыта способствуютъ отдачѣ этого тепла въ окружающую среду. Итакъ, мы должны относительно процессовъ обмѣна веществъ и связанныхъ съ ними побочныхъ явленій довольствоваться догадками, которыя только по аналогіи съ процессами, свойственными другимъ живымъ веществамъ, пріобрѣтаютъ извѣстную степень вѣроятности.

7. Важное значеніе для организма воды, содержащейся въ немъ. Явленія, описанныя въ обоихъ предшествующихъ параграфахъ, указываютъ очевиднымъ образомъ на то высокое значеніе, которое имѣетъ вода, содержащаяся въ протоплазмѣ амебъ, для осуществленія жизненныхъ процессовъ, въ нихъ протекающихъ. Принятіе тѣхъ или другихъ веществъ и распространеніе ихъ по всему тѣлу амебъ; прониканіе кислорода, равно какъ выдѣленіе газовъ и любыхъ растворенныхъ веществъ, возникающихъ въ тѣлѣ амебы въ силу тѣхъ или другихъ химическихъ процессовъ, имѣющихъ въ немъ мѣсто, все это совершается путемъ диффузіи въ водѣ, пропитывающей протоплазму амебы. Какъ велико должно быть содержаніе воды въ амебѣ, можно видѣть, если ее высушить вмѣстѣ съ водой, въ которой она живетъ. Даже при весьма сильныхъ увеличеніяхъ находятъ послѣ высушиванія амебъ лишь самый незначительный сухой остатокъ. Большое содержаніе воды является, вообще, характернымъ для всякой живой матеріи, также и для такой, которая не живетъ самостоятельно, но представляетъ собою часть какого-либо организма. Различныя части послѣдняго содержатъ весьма различныя количества воды; напр., кости человѣка до 16%, мышцы же около 75%. Но въ составъ костей входятъ небольшія тѣльца, богатыя водою, въ нихъ-то именно и протекаютъ интенсивно жизненные процессы (ср. гл. 7, § 7).

Такъ какъ всѣ живыя существа непрерывно принимаютъ воду, вода же прудовъ, озеръ, рѣкъ и пр. постоянно содержитъ въ растворенномъ состояніи минеральныя вещества *), то вода, проникающая живые организмы, никогда не является химически чистою. Поэтому въ тѣлѣ всякаго организма находятъ постоянно рядомъ съ органическими и неорганическія соединенія, часть ихъ растворена въ водѣ, пропитывающей тѣло, являясь примѣсью къ органическимъ, часть-же входитъ въ химическое соединеніе съ этими послѣдними. Тѣ неорганическія соединенія, которыя находятся въ организмѣ лишь въ растворенномъ состояніи, тоже имѣютъ однако извѣстное значеніе для жизненныхъ процессовъ, такъ какъ оказываютъ вліяніе на раствореніе и набуханіе тѣхъ или другихъ органическихъ веществъ и такимъ образомъ черезъ осмотическое давленіе, которое они обусловливаютъ, вліяютъ на перемѣщеніе веществъ, какъ внутрь организма, такъ и наружу изъ него (срв. гл. 7).

Если подвергнуть составныя части (ткани) живыхъ существъ сильному давленію, то изъ нихъ выдавливаютъ пропитывающую ихъ жидкость съ растворенными въ ней органическими и неорганическими веществами. Та масса, которая остается послѣ такого отжиманія, содержитъ еще нѣсколько воды; эта вода можетъ быть удалена сушеніемъ (см. гл. 7, § 6). Если сжечь получаемый этимъ путемъ сухой остатокъ, то изъ составныхъ его частей остаются только неорганическія вещества, именно тѣ, которыя при высокихъ температурахъ не летучи; такимъ образомъ, получается зола. Эта зола содержитъ опредѣленныя составныя части постоянно, какого-бы рода ни было то живое существо, изъ котораго она получена, другія вещества встрѣчаются только у извѣстныхъ животныхъ, но у нихъ постоянно; наконецъ, нѣкоторыя составныя части золы бывали находимы только иногда, онѣ, такъ сказать, случайно попали въ тотъ или другой животный организмъ.

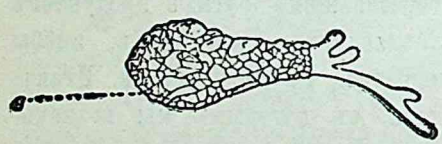


Рис. 45.
Difflugia pyriformis, простѣйшее животное, принадлежащее къ корненожкамъ. Амёбообразное тѣло животнаго заключено въ составленную изъ песчинокъ раковину; черезъ отверстіе раковины вытягиваются псевдоподіи.

Постоянными составными частями золы являются такія вещества, которыя распространены повсюду въ почвѣ, а также находятся въ растворенномъ состояніи въ водѣ, хотя и въ небольшихъ количествахъ. Наземныя растенія воспринимаютъ въ себя эти вещества изъ почвы, вмѣстѣ съ водою; водяныя растенія и животныя, живущія въ водѣ, получаютъ ихъ непосредственно изъ окружающей ихъ воды; наземныя же животныя—съ пищею. Обыкновенно въ золѣ находятъ натрій, калій, кальцій, магній, желѣзо въ соединеніи съ угольной кислотой, сѣрной, фосфорной, кремневой, хлоромъ, фторомъ; въ золѣ морскихъ животныхъ и растеній встрѣчаютъ также бромъ и іодъ **). Изъ тѣхъ минеральныхъ веществъ, которыя только иногда встрѣчаются въ золѣ растеній, мы назовемъ цинкъ, находимый въ желтой фіалкѣ (*Viola lutea*), растущей на почвахъ, содержащихъ цинкъ, о чемъ нами было уже упомянуто (см. гл. 8, § 8). Случайными зольными веществами являются мѣдь, свинецъ, ртуть и пр., которыя по большей части только случайно попадаютъ въ растенія и животныя и въ нихъ переходятъ въ нерастворимыя состоянія, такъ что не выдѣляются ими наружу.

Иныя животныя (простѣйшія, черви и др.), какъ напр., *Difflugia pyriformis* (рис. 45), образуютъ изъ песка и другихъ веществъ, ихъ окружающихъ, скорлупу, раковину, въ которой они живутъ. Хотя постройка такихъ раковинъ должна быть приписана жизнедѣятельности животнаго, однако, мы не можемъ тѣ минеральныя составныя части, изъ которыхъ состоятъ такія раковины, отнести къ настоящимъ составнымъ частямъ жи-

*) Также и дождевая вода получаетъ изъ атмосфернаго воздуха и почвы всякія вещества, прежде чѣмъ приходитъ въ соприкосновеніе съ живыми существами.

**) Іодъ встрѣчается также и у животныхъ, живущихъ на землѣ, но у нихъ онъ является въ формѣ органическихъ соединеній, а не неорганическихъ.

вотнаго тѣла. Зерна песка склеены здѣсь другъ съ другомъ особымъ органическимъ, слизеобразнымъ веществомъ, выдѣляемымъ этими животными. Нѣчто подобное мы встрѣчаемъ и у птицъ, при постройкѣ ими гнѣздъ, но только здѣсь, у птицъ, тѣ или другія вещества, изъ которыхъ построено гнѣздо, и которыя склеены между собою слюною и другими выдѣленіями птицъ, не связаны съ тѣломъ этихъ послѣднихъ.

Напротивъ того образованныя изъ известковыхъ солей створки раковинъ, панцырь ракообразныхъ и кости позвоночныхъ являются составными частями тѣла названныхъ животныхъ, не смотря на то, что всѣ названныя образованія весьма богаты неорганическими веществами, далеко по массѣ преобладающими въ нихъ надъ ихъ органическими составными частями.

8. Размноженіе и смерть. Изъ предшествующаго слѣдуетъ, что всякое животное можетъ расти настолько, насколько количество принятыхъ веществъ превышаетъ количество удаленныхъ. Но ростъ амебъ, снабженныхъ пищей въ изобиліи, идетъ только до извѣстной границы; какъ только послѣдняя достигнута, у животнаго возникаетъ процессъ другого рода, именно, амеба разрывается, изъ одной амебы возникаютъ двѣ.

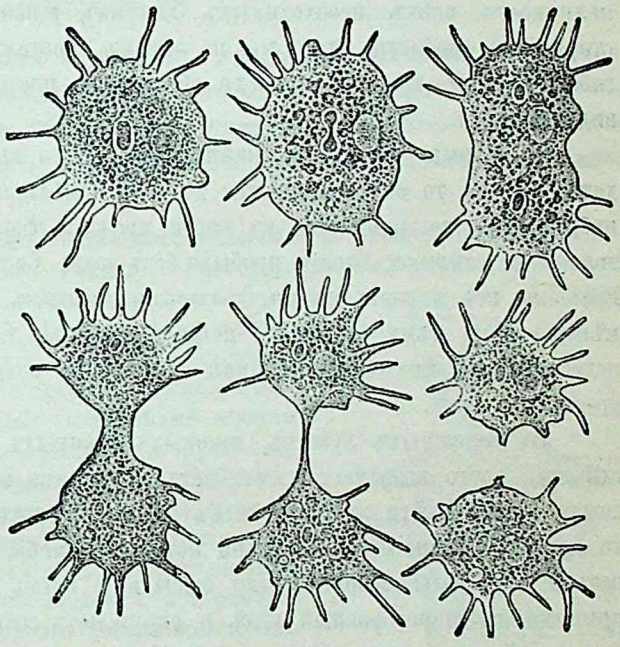


Рис. 46
Дѣленіе Amoeba polypodia (по Ф. Э. Шульце). Ядро является темно окрашеннымъ, вакуоли обозначены блѣдно.

Процессъ этотъ называется дѣленіемъ. Сперва растягивается ядро и принимаетъ видъ песочныхъ часовъ, т. е. съуживается по серединѣ; связь дѣлается все тоньше и, наконецъ, разрывается, такъ что образуются два ядра. Они удаляются другъ отъ друга, одновременно растягивается тѣло амебы, принимая продолговатую форму, въ которой два ядра расположены на подобіе фокусовъ въ эллипсисѣ. Затѣмъ тѣло между двумя ядрами съуживается, вытягивается въ тонкую нить, пока окончательно не разорвется; дѣленіе окончено.

Дѣленіе можетъ многократно повторяться, такъ что изъ одной амебы образуются двѣ, четыре и т. д. Итакъ, амебы размножаются. Но число ихъ не можетъ сдѣлаться неограниченно большимъ, потому что въ это же время многія погибаютъ. Наблюдая амебы въ каплѣ воды, находимъ, между прочимъ, и такія, которыя перестаютъ двигаться, сокращаютъ свои отростки, принимаютъ шарообразную форму и остаются неподвижными. Иногда онѣ опять оправляются, между тѣмъ прекращаютъ свои движенія другія, которыя до того были весьма подвижны, даже такія, возникновеніе которыхъ посредствомъ дѣленія мы раньше видѣли. Но если состояніе неподвижности продолжается, то происходятъ уже болѣе глубокія измѣненія въ тѣлѣ амебъ. Протоплазма мутнѣетъ, тѣло распадается, его части растворяются или воспринимаются другими амебами, или какими-нибудь организмами, находящимися въ водѣ.

Это измѣненіе амебъ легко можно вызвать нагрѣваніемъ ихъ выше 45°, лишеніемъ на болѣе продолжительное время кислорода, прибавленіемъ къ водѣ небольшихъ количествъ свободной кислоты или щелочи, или самыхъ незначительныхъ количествъ растительныхъ алкалоидовъ.

Такія вещества, которыя уже въ небольшихъ количествахъ дѣйствуютъ вредно, называются ядами. Первый признакъ вреднаго ихъ дѣйствія состоитъ въ томъ, что амебы перестаютъ двигаться и реагировать на внѣшнія раздраженія. Только затѣмъ выступаютъ болѣе ясныя измѣненія, помутнѣніе и распаденіе тѣлъ.

Въ такихъ случаяхъ мы вправѣ сказать, что амебы потеряли свою жизнеспособность, что онѣ умерли. Смерть можетъ быть вызвана дѣйствіемъ ядовитыхъ или вредныхъ агентовъ, а также недостаткомъ необходимыхъ для жизни: кислорода, воды и пищи. Въ герметически закрытыхъ пространствахъ при наличности воды и обильной пищи амебы могутъ жить и размножаться только до того времени, пока не наступитъ недостатка въ кислородѣ, малыхъ количествъ котораго не хватаетъ для всѣхъ. Недостатокъ въ пищѣ мы можемъ вызвать, помѣщая амебы въ дистиллированную воду или фильтрованную колодезную или ключевую. Хотя потребность амебъ въ пищѣ весьма незначительна, тѣмъ не менѣе, оставшись безъ всякой, онѣ въ скоромъ времени погибаютъ. Погибаютъ ли амебы даже при наличности всѣхъ необходимыхъ для ихъ жизни условій вслѣдствіе такъ называемой старческой слабости, этого мы не знаемъ. Достовѣрно только то, что многія постоянно погибаютъ, но сохраненіе вида обезпечено постояннымъ возникновеніемъ новыхъ индивидуумовъ *).

9. Мнимая смерть и инкапсуляція. Если высыхаетъ капля воды, въ которой находятся амебы, то онѣ сжимаются до едва замѣтныхъ размѣровъ. Если ихъ смочить, то онѣ набухаютъ, возвращаются къ своей прежней формѣ и могутъ даже опять двигаться, если только не слишкомъ долго пробыли безъ воды. Состояніе ихъ во время высыханія, когда прекращены всѣ явленія жизни, мы можемъ назвать мнимою смертью. Выраженіе это примѣнимо и къ тѣмъ случаямъ, когда жизненныя явленія прекращены, вслѣдствіе временнаго недостатка въ кислородѣ. Мнимая смерть при большой продолжительности ведетъ къ настоящей смерти.

Въ дорожныхъ лужахъ, домовыхъ сточныхъ трубахъ и въ тому подобныхъ мѣстахъ, гдѣ вода часто высыхаетъ, погибаетъ множество амебъ во время засухи. Но вскорѣ послѣ дождя можно найти живыхъ амебъ въ водѣ, взятой изъ этихъ мѣстъ. Весьма замѣчательны та причина и способъ, благодаря которымъ амебы могутъ болѣе продолжительное время оставаться безъ воды. Именно, если высыханіе идетъ медленно, амебы перестаютъ двигаться, принимаютъ шарообразный видъ и окружаютъ себя плотной капсулой или цистой, происходящей, повидимому, изъ отдѣленій ихъ протоплазмы. Въ такомъ инкапсулированномъ видѣ онѣ являются весьма устойчивыми противъ дальнѣйшаго высыханія, недостатка кислорода и другихъ вредныхъ вліяній; онѣ уносятся вѣтромъ, какъ маленькія частички вмѣстѣ съ пылью высохшихъ лужъ и могутъ быть переносимы, такимъ образомъ, на далекія разстоянія. Если онѣ опять попадаютъ въ воду, то разбухаютъ въ ней, капсула лопается и освободившіяся амебы пробуждаются къ новой жизни.

Иногда весьма трудно вышеописанное состояніе мнимой смерти, которому подвержены также многіе другіе организмы, отличить отъ настоящей смерти. Пока тѣло переставшей двигаться амебы не подвергнется распаденію на части, до тѣхъ поръ неизвѣстно, мертва ли она или это мнимая смерть. Когда мы послѣ гибельнаго ночного мороза въ маѣ мѣсяцѣ разсматриваемъ плодовыя деревья, мы по виду цвѣтовъ не можемъ заключить, замерзли ли они или нѣтъ, и только если они перестаютъ развиваться дальше, завязь чернѣетъ и лепестки цвѣтка падаютъ, тогда только мы видимъ смерть. Точно также, разсматривая хлѣбное зерно, не знаемъ,

---

*) Такъ какъ всѣ амебы размножаются дѣленіемъ, то въ ихъ тѣлахъ находится всегда часть тѣлъ предковъ, такъ что можно сказать съ Авг. Вейсманомъ, что, собственно говоря, протоплазма амебъ, а равно и всѣхъ другихъ существъ, размножающихся дѣленіемъ, безсмертна. Мнѣ, впрочемъ, кажется, что здѣсь нѣтъ существеннаго отличія отъ другихъ организмовъ, иначе размножающихся.

живо ли оно, т. е. способно ли пустить ростокъ; здѣсь рѣшить можетъ только опытъ, съ помѣщеніемъ его въ условія, благопріятствующія прорастанію; да и это не вполнѣ точное рѣшеніе. Если зерно не прорастаетъ, то равнымъ образомъ оно могло умереть раньше, какъ и послѣ посѣва. Точно также и у животныхъ, болѣе замѣтнымъ образомъ проявляющихъ свой процессъ жизни, въ видѣ дыханія, сердцебіенія и проч., эти признаки могутъ временно отсутствовать или быть такъ слабыми, что ускользаютъ отъ наблюденія, какъ это имѣетъ мѣсто у животныхъ во время зимней спячки, глубокихъ обмороковъ *).

Состояніе хлѣбнаго зерна до прорастанія или высохшихъ, инкапсулированныхъ амебъ представляетъ собою типичный случай мнимой смерти. Очень подходящимъ для него будетъ старый терминъ «vita minima», такъ какъ здѣсь проявленія жизни сведены къ самымъ ничтожнымъ размѣрамъ, такъ что ускользаютъ отъ нашего наблюденія. Тѣмъ не менѣе жизнь должна существовать, такъ какъ всѣ эти мнимо мертвые организмы окончательно погибаютъ вслѣдствіе тѣхъ же вредныхъ причинъ, которыя приносятъ имъ смерть во время ихъ полной жизни. Хлѣбныя зерна не прорастаютъ больше, если ихъ нагрѣвать долгое время при 100°; инкапсулированныя амебы погибаютъ при продолжительномъ нагрѣваніи до 75°.

10. Смерть вслѣдствіе потери воды и другихъ вредныхъ причинъ. Не только амебы, но и другіе организмы, инфузоріи, грибки, особенно ихъ споры, могутъ вслѣдствіе недостатка воды придти въ такое состояніе, что остаются очень долго жизнеспособными, не обнаруживая никакихъ жизненныхъ проявленій, и опять возвращаются къ жизни, когда вновь принимаютъ въ себя воду.

Наглядный примѣръ такой временной остановки жизненныхъ явленій представляютъ также нѣкоторые болѣе сложные организмы. Растенія, находящіяся въ сухихъ и бѣдныхъ дождемъ странахъ, имѣютъ по большей части соотвѣтственныя приспособленія, чтобы защищаться противъ большой потери воды. Другія же, какъ, напр., растущее на плоскогорьяхъ центральной Америки тайнобрачное растеніе, *Selaginella lepidophylla*, можетъ совершенно высохнуть, не погибая при этомъ; цѣлые мѣсяцы пребываетъ оно въ сухомъ безжизненномъ состояніи и опять оживаетъ подъ вліяніемъ влаги. Подобный примѣръ въ царствѣ животныхъ представляютъ собою тихоходки или тардиграды, принадлежащія къ суставчатоногимъ. Животныя эти, когда высыхаетъ вода или влажная земля, въ которой они живутъ, прекращаютъ свои жизненныя отправленія, но могутъ, благодаря хитиновой оболочкѣ, которая ихъ защищаетъ отъ полной потери воды, очень долго оставаться способными къ жизни и возобновить ее при новомъ полученіи воды.

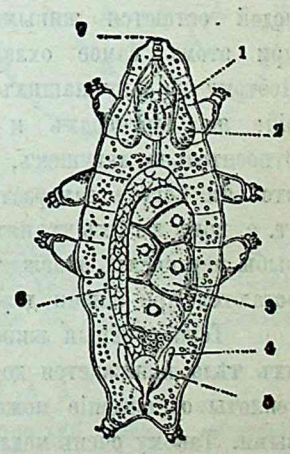


Рис. 47.
Тихоходка—*Macrobiotus Schultzei*: 1) глотка; 2) слюнныя железы; 3) яичникъ; 4) мальпигіевы трубочки; 5) железа; 6) кишечникъ; 7) ротъ.

Сѣмена растеній часто очень бѣдны водой; но если отнять отъ нихъ всю воду, то они погибаютъ **). У высшихъ животныхъ и растеній смерть наступаетъ всегда раньше полной потери воды и тѣмъ скорѣе, чѣмъ быстрѣе совершается эта потеря.

Всѣ эти явленія указываютъ очень ясно на то, какъ важно чтобы организованная ткань была вполнѣ пропитана водою. Если это условіе не соблюдено въ достаточной мѣрѣ, тогда не могутъ имѣть мѣста явленія диффузіи, такъ необходимыя для поддержанія всѣхъ химическихъ процессовъ, сопровождающихъ жизнь; она прекращается или сводится къ такимъ не-

*) Всякіе разсказы о мнимой смерти людей, продолжающейся долгое время, слѣдуетъ принимать очень осторожно. Многочисленные разсказы о заживо похороненныхъ и впослѣдствіи ожившихъ, оказывались всегда вымышленными, если удавалось ближе разслѣдовать данные случаи. То же самое можно сказать относительно индѣйскихъ факировъ, которые будто бы умѣютъ вызывать въ себѣ состояніе мнимой смерти и могутъ цѣлыя недѣли оставаться похороненными. Случаи эти не были настолько точно наблюдаемы, чтобы не оставалось возможности обмана. Летаргическій сонъ, во время котораго люди по цѣлымъ суткамъ остаются неподвижны и не принимаютъ пищи, былъ наблюдаемъ; но въ такихъ случаяхъ при болѣе тщательномъ изслѣдованіи можно всегда замѣтить дыханіе и пульсъ, хотя очень слабые.

**) Чтобы опытъ былъ убѣдителенъ, отнятіе воды должно производиться при низкихъ температурахъ, такъ какъ высокія вредны сами по себѣ.

значительнымъ проявленіямъ, какія мы назвали мнимою смертью. Поэтому всѣ организмы, которымъ приходится оставаться въ продолжительномъ состояніи покоя во время прекращенія жизненныхъ проявленій, бѣдны водой и защищены твердыми оболочками отъ излишней ея потери и въ то же время эти оболочки, уменьшая доступъ кислорода къ протоплазмѣ, препятствуютъ скорому ея разложенію. То же самое имѣетъ мѣсто съ нѣкоторыми частями организмовъ, какъ напр., съ почками растеній, которыя должны долгое время пробывать въ состояніи покоя. Точно также сѣмена многихъ растеній и яйца нѣкоторыхъ животныхъ заключены въ твердыя оболочки, въ которыхъ могутъ долго оставаться, и затѣмъ подъ вліяніемъ сырости пробуждаться къ жизни, т. е. въ данномъ случаѣ къ развитію новаго индивидуума.

Часто также утверждали, что и болѣе сложные организмы (лягушки и т. п.) могутъ переносить абсолютную сухость, не погибая, но это не подтвердилось. Они могутъ переносить очень большую потерю содержащейся въ нихъ воды и то при условіи, что она совершается медленно; при болѣе скоромъ высыханіи они погибаютъ гораздо раньше.

Хотя почти всякая протоплазма во влажномъ состояніи погибаетъ при температурахъ уже около 40—45°, однако, Гоппе-Зейлеръ нашелъ въ горячихъ парахъ фумаролъ Казамичолы на Искіи водоросли, жившія при температурѣ 64,7°, а также другія растенія, жившія въ водѣ при 53°. Бактеріи переносятъ температуру въ 60° сравнительно долго, болѣе высокія температуры по крайней мѣрѣ нѣкоторое время, высушенныя, они переносятъ довольно долго даже 100°. То же самое относится къ совершенно сухимъ сѣменамъ высшихъ растеній. Чѣмъ ниже температура, тѣмъ дольше должна она дѣйствовать, чтобы навѣрное убить. Охлажденіе до +4° влечетъ за собою прекращеніе движеній у протоплазматическихъ образованій; но движенія опять возобновляются, когда повышается температура. При сильномъ охлажденіи низшіе организмы тѣмъ легче погибаютъ, чѣмъ они богаче водою; бѣдные водой остаются живыми даже при охлажденіи на нѣсколько градусовъ ниже нуля: но при этомъ самое охлажденіе и затѣмъ отмораживаніе должны происходить медленно. Поэтому во льду нашихъ рѣкъ, прудовъ и т. д. можно часто найти жизнеспособныхъ бактерій; на глетчерахъ и снѣгахъ высокихъ горъ встрѣчаются всякаго рода организмы. Относительно лягушекъ, рыбъ и другихъ сложныхъ животныхъ организмовъ полагали также что они могутъ замерзать и не погибаютъ; но кажется, что въ данныхъ случаяхъ животныя (т. е. вода въ ихъ тканяхъ) не были еще замерзшими *). По изслѣдованіямъ Рауля Пикте рыбы переносятъ охлажденіе до —15° и не погибаютъ, лягушки до—28°. Бактеріи будто бы остаются при жизни даже при —200°.

Теплокровныя животныя (въ томъ числѣ люди) погибаютъ уже, когда температура ихъ тѣла понижается до 24°, если это совершается быстро; при болѣе медленномъ лишеніи теплоты охлажденіе можетъ понизиться еще на нѣсколько градусовъ, и они остаются живыми. Такому очень медленному охлажденію подвергаются нѣкоторыя теплокровныя во время зимней спячки. Въ зимнюю спячку впадаютъ также моллюски, насѣкомыя, земноводныя и пресмыкающіяся; съ наступленіемъ зимы они подыскиваютъ для себя мѣста, по пещерамъ, въ землѣ или въ рѣчномъ илѣ, гдѣ обыкновенно температура остается немного выше точки замерзанія.

Что касается растеній, то ихъ болѣе нѣжныя обильныя водой части, какъ листья, зеленыя вѣтки и т. п., очень чувствительны къ холоду, другія же части переносятъ значительное пониженіе температуры безвредно. Общеизвѣстно, что ниже извѣстной температуры прекращается у растеній большая часть ихъ жизненныхъ явленій. Фактъ этотъ можно сопоставить съ явленіемъ зимней спячки у животныхъ. Растенія тропическихъ странъ выказываютъ также въ энергіи своего роста и дѣятельности жизни правильную періодичность, которая зависитъ отъ перемѣны количества атмосферныхъ осадковъ въ данной мѣстности.

---

*) Если замораживать въ водѣ рыбъ, водяныхъ жуковъ и т. п., то вокругъ нихъ остается небольшое пространство жидкой воды, такъ какъ сами животныя выдѣляютъ теплоту. Только при болѣе продолжительномъ пребываніи въ температурахъ ниже —4° животныя на самомъ дѣлѣ замерзаютъ.

Такъ какъ протоплазма при нагрѣваніи до 45° претерпѣваетъ замѣтныя измѣненія, причемъ часть вещества выдѣляется въ твердомъ видѣ, и такъ какъ всѣ химическія дѣйствія, которыя вызываютъ такія же измѣненія, точно также уничтожаютъ жизнь, то поэтому можно сказать, что жизнь связана съ извѣстнымъ химическимъ характеромъ веществъ, содержащихся въ протоплазмѣ, и упомянутое измѣненіе въ нихъ служитъ причиною смерти. Мы пока не умѣемъ ближе опредѣлить сущность этого характера. Такъ какъ всѣ методы изолированія и изслѣдованія химическихъ составныхъ частей протоплазмы уничтожаютъ явленія жизни, то мы также не знаемъ химическаго строенія живой матеріи. Мы только имѣемъ нѣкоторыя основанія предполагать, что вещества съ характеромъ нативныхъ протеиновъ играютъ здѣсь большую и, по всей вѣроятности, главную роль.

11. Колоніи организмовъ. Прекратимъ на время разсмотрѣніе явленій жизни у простыхъ организмовъ и обратимся къ нѣкоторымъ вопросамъ, касающимся размноженія посредствомъ дѣленія. Представимъ себѣ, что индивидуумы, образовавшіеся черезъ дѣленіе, одинаковые, или, по крайней мѣрѣ, мало отличающіеся другъ отъ друга, вмѣсто того, чтобы вести каждому независимую жизнь въ отдѣльности отъ другихъ, остаются вмѣстѣ. Тогда получается то, что мы называемъ *колоніей*. Отдѣльная амеба отлична отъ внѣшняго міра, а также отъ всякой другой амебы, она имѣетъ по отношенію къ нимъ извѣстную самостоятельность. Поэтому мы можемъ назвать ее съ такимъ же правомъ, какъ кролика, *индивидуумомъ* или даже лицомъ (Person) *). Въ такомъ случаѣ колонія состояла бы изъ нѣкотораго числа индивидуумовъ или особей; но она въ то же время, по отношенію къ внѣшнему міру, представляетъ новую единицу, какъ бы *индивидуумъ высшаго порядка*. Это будетъ еще яснѣе, если мы представимъ себѣ много колоній, изъ которыхъ каждая состоитъ изъ нѣкотораго числа индивидуумовъ. Такія колоніи могутъ быть или подобны между собою или различны либо по числу составляющихъ ихъ индивидуумовъ, либо по свойствамъ послѣднихъ. Обозначимъ каждую отдѣльную особь черезъ А. Большое число ихъ, могущее произойти повторнымъ дѣленіемъ одной амёбы, въ случаѣ самостоятельнаго существованія каждой изъ нихъ могло бы быть представлено слѣдующей схемой:

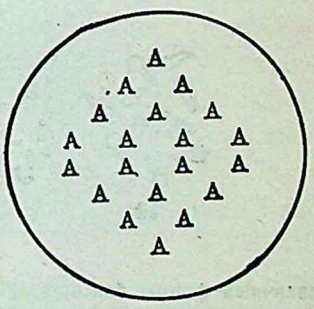


Рис. 48.

А А

Напротивъ, колонія, скажемъ, изъ 20 такихъ особей, остающихся любымъ образомъ между собою связанными и ведущихъ *совмѣстную жизнь*, могла бы быть изображена въ видѣ того, какъ показываетъ этотъ кругъ (рис. 48).

Случаи такого рода, въ которыхъ отдѣльныя живыя существа, возникшія путемъ дѣленія, сохраняютъ свою самостоятельность, если даже остаются другъ подлѣ друга, часто наблюдаются среди бактерій. *Бактеріи, дробянки, шизомицеты* (рис. 49) представляютъ собою чрезвычайно малыя растительныя образованія палочкообразной

*) Выраженіе *индивидуумъ* заключаетъ понятіе *недѣлимости* въ иномъ нѣсколько смыслѣ, чѣмъ это приписывается *атому*, для котораго никакое дальнѣйшее дѣленіе невозможно; мы здѣсь хотимъ только сказать, что дѣленіе невозможно безъ нарушенія свойствъ, принадлежащихъ цѣлому существу. Насколько, дѣйствительно, имѣетъ это мѣсто по отношенію къ амебамъ и имъ подобнымъ живымъ существамъ, мы еще будемъ видѣть. Многіе индивидуумы или особи, живущіе въ сообществѣ, могутъ быть разъединены между собою, причемъ каждый продолжаетъ быть индивидуумомъ или особью. Но если мы попробуемъ отдѣльный индивидуумъ или особь раздѣлить, то полученныя части будутъ представлять только обломки, но не цѣлые индивидуумы или особи. Не смотря на это, въ нѣкоторыхъ случаяхъ они могутъ существовать дальше, превращаясь въ новые индивидуумы или особи.

(бациллы) или болѣе кругловатой формы (кокки). Ихъ тѣло, покрытое плотной оболочкой, состоитъ въ большей своей части изъ ядернаго вещества, протоплазмы же очень мало. Нѣкоторые изъ нихъ снабжены на одномъ или обоихъ концахъ бичами или жгутиками *). Размноженіе ихъ происходитъ путемъ дѣленія. Если раздѣлившіяся части остаются вмѣстѣ, то образуются нити или скопленія, отдѣльныя клѣтки которыхъ удерживаются вмѣстѣ веществомъ, подобнымъ студню. Подобное наблюдается и у водорослей Schizophyceae, у которыхъ

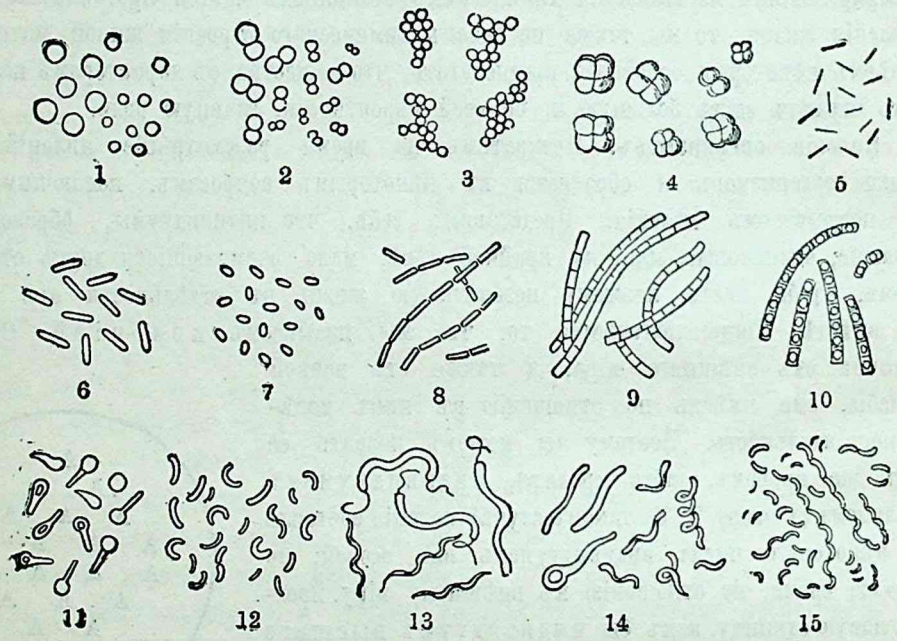


Рис. 49.
Различныя формы бактерій. 1—4 кокки или шарообразныя формы; 5—15 формы палочекъ или бациллъ; 13 извитыя палочки (спириллы) съ бичами, 14 формы въ видѣ пробочника, 15 формы въ видѣ запятыхъ.

расщепленіе происходитъ внутри студенисто разбухшей капсулы (рис. 50). Послѣднія формы совершенно отвѣчаютъ тому, что мы назвали колоніей одинаковыхъ членовъ. Между этими клѣточными колоніями и собственно тканями высшихъ растеній и животныхъ, разсматриваемыми въ слѣдующей главѣ, существуютъ всевозможные переходы.

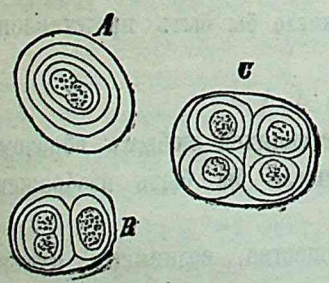


Рис. 50.
Gloeocapsa polydermatica, водоросль, растущая на влажныхъ скалахъ или стѣнахъ; клѣтки окружены слизистой оболочкой. При дѣленіи каждая новая клѣтка окружается подобной оболочкой и, кромѣ того, всѣ онѣ имѣютъ еще одну общую. A—начало дѣленія. B и C—дальнѣйшія стадіи дѣленія.

Въ колоніи каждый индивидуумъ настолько сохраняетъ свою независимость, что при случайномъ или наспльственномъ раздѣленіи ея онъ въ состояніи жить дальше самъ по себѣ или путемъ дѣленія дать начало новой колоніи. Но отдѣльныя особи могутъ также измѣняться въ различныхъ направленіяхъ, такъ что образуется колонія изъ различныхъ индивидуумовъ, обладающихъ различными свойствами. Разсмотримъ, напр., организмъ, извѣстный подъ именемъ *Volvox globator* (рис. 51).

Въ поломъ шарѣ, образованномъ изъ прозрачной слизи, находится извѣстное число образованій, изъ которыхъ внѣшнія имѣютъ по два, выходящихъ изъ оболочки, жгута; вслѣдствіе живого бичеобразнаго движенія ихъ вся колонія находится во вращательномъ движеніи. Внутри шара видны свободно плавающія, такъ называемыя дочернія колоніи. Послѣднія возникли вслѣдствіе повторнаго дѣленія очень малыхъ тѣлъ, видимыхъ среди

*) О нихъ будетъ сказано въ слѣдующей главѣ.

большихъ. Подобное тѣльце дѣлится сначала на двѣ, затѣмъ на четыре и т. д. части. Позднѣе большая колонія распадается, дочернія колоніи дѣлаются свободными и постепенно выростаютъ въ большія, чтобы затѣмъ снова подвергнуться тѣмъ же самымъ превращеніямъ. При этомъ происходитъ половое размноженіе при посредствѣ зоо- и ооспоръ.

12. Развитіе. Такое возникновеніе образованій путемъ многократнаго дѣленія и послѣдующаго измѣненія по различнымъ направленіямъ мы называемъ развитіемъ. У амёбы мы не можемъ наблюдать явленій развитія: каждая амёба, образовавшаяся путемъ дѣленія другой, уже готова. Она можетъ еще расти и снова дѣлиться, но другимъ измѣненіямъ она не подвергается. Но когда вслѣдствіе дѣленія индивидуума, сначала не отличающагося отъ амебы, образуются части, остающіяся въ соединеніи между собою, но измѣняющіяся по различнымъ направленіямъ, тогда образуется сообщество, которое мы не можемъ уже болѣе сравнивать съ простѣйшими колоніями. Скорѣе они сходны съ нашимъ, человѣческимъ, обществомъ, состоящимъ далеко не изъ одинаковыхъ индивидуумовъ. Хотя въ этомъ обществѣ каждый индивидуумъ сохраняетъ извѣстную степень самостоятельности, но въ то же время онъ въ значительной степени зависитъ и отъ своихъ товарищей; отдѣльные индивидуумы связаны другъ съ другомъ. Каждый индивидуумъ исполняетъ только часть отправленій, потребныхъ для поддержанія общества, и только вслѣдствіе совмѣстнаго дѣйствія всѣхъ членовъ общества возможны отправленія всего цѣлаго. Поэтому ни одинъ индивидуумъ, въ отдѣльности отъ другихъ, не могъ бы долгое время жить такъ, какъ онъ жилъ въ обществѣ. Земледѣлецъ нуждается въ ремесленникѣ, дѣлающемъ платья и инструменты, оба нуждаются въ купцѣ, являющемся посредникомъ при обмѣнѣ ихъ продуктами и доставляющемъ имъ сырой матеріалъ для ихъ ремесла или товары для ихъ употребленія и т. д., и т. д.

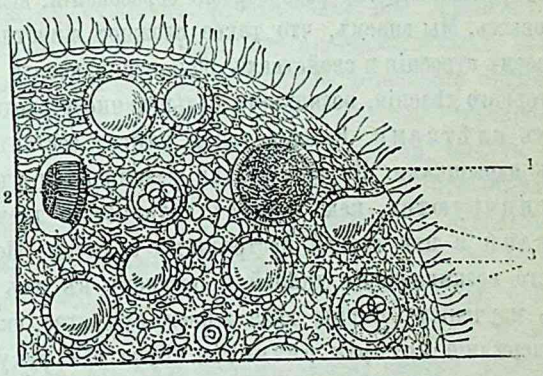


Рис. 51.
Volvox globator, четверть всей колоніи, представляющей шаръ, заключенный въ студенистую оболочку. Поверхностно лежащія клѣтки снабжены жгутиками, выдающимися изъ студенистой оболочки и служащими для передвиженія всего клѣточнаго скопленія. Внутри яйцевыя клѣтки и пучки зооспоръ; изъ первыхъ образуются яйца, въ послѣднихъ зооспоры, черезъ соединеніе которыхъ происходитъ размноженіе. 1, Пучокъ зооспоръ съ поверхности; 2, боковой разрѣзъ; 3, зооспоры.

Изъ этого неодинаковаго развитія и связаннаго съ нимъ раздѣленія труда вытекаютъ значительныя преимущества для общества, какъ цѣлаго. Каждый отдѣльный членъ общества не можетъ исполнять всѣхъ функцій, онъ не можетъ быть одновременно земледѣльцемъ, рыбакомъ, охотникомъ, портнымъ или сапожникомъ; онъ выполняетъ только одну какую-нибудь функцію за себя и въ то же время за другихъ; благодаря этому, каждый индивидуумъ въ свойственныхъ ему занятіяхъ, а, слѣдовательно, и общество, какъ цѣлое, достигаетъ большей производительности, чѣмъ это было бы возможно безъ раздѣленія труда.

Совершенно подобное развитіе встрѣчается также во многихъ колоніяхъ живыхъ существъ, возникшихъ вслѣдствіе дѣленія одного индивидуума. Иногда это раздѣленіе труда не идетъ очень далеко. Индивидуумы остаются сходными другъ съ другомъ, связь между ними остается слабой, такъ что отдѣльный индивидуумъ, выдѣленный изъ колоніи, можетъ существовать дальше. Въ другихъ случаяхъ, напротивъ, индивидуумы почти или совершенно теряютъ свою самостоятельность, такъ что могутъ существовать только какъ части общества. Они, слѣдовательно, перестаютъ быть индивидуумами въ первоначальномъ смыслѣ слова. Совокупность образованій, возникшихъ путемъ дѣленія, которую мы раньше разсматривали, какъ колонію, сдѣлалась индивидуумомъ высшаго порядка. Въ этомъ случаѣ, который именно примѣнимъ къ выше организованнымъ живымъ существамъ, образованія

возникшія путемъ дѣленія, развились по совершенно различнымъ направленіямъ и очень различнымъ образомъ. Нѣкоторыя остались почти неизмѣненными, другія по формѣ и свойствамъ измѣнились настолько, что ихъ первоначальное сходство и общее происхожденіе почти неразличимы. При этомъ отдѣльныя образованія получаютъ различныя свойства, которыя не могутъ считаться совершенно новыми, а должны быть разсматриваемы, какъ результатъ односторонняго развитія свойствъ, принадлежащихъ первоначальному организму. По мѣрѣ того какъ одни изъ этихъ свойствъ получаютъ высокое развитіе, другія ослабѣваютъ или совершенно пропадаютъ. Такимъ образомъ, возникаютъ образованія съ специфическими свойствами, дѣлающія возможной жизнь всего индивидуума лишь путемъ своей совмѣстной дѣятельности, но зато способныя къ болѣе высокимъ отправленіямъ. Поэтому-то сравненіе подобнаго индивидуума высшаго порядка съ теперешнимъ общественнымъ строемъ является подходящимъ.

13. Клѣтки, ткани, органы. Мы можемъ морфологически прослѣдить постепенно обнаруживающееся разнообразіе образованій, возникающихъ при дѣленіи первоначально одинаковыхъ. Мы знаемъ, что такое сложное животное, какъ кроликъ, происходитъ изъ яйца, въ своемъ строеніи и свойствахъ обнаруживающаго сходство съ амебой [1]). Изъ яйца, путемъ повторнаго дѣленія, возникаетъ большое число сходныхъ между собою образованій; мы называемъ ихъ клѣтками. Каждая такая клѣтка состоитъ, подобно амебѣ, изъ протоплазмы и ядра съ ядрышками. Но эти клѣтки развиваются въ различныхъ направленіяхъ, онѣ дифференцируются, какъ гласитъ техническій терминъ; такъ происходятъ изъ нихъ различныя ткани и изъ тканей построенные органы. Морфологическое изслѣдованіе этого постепеннаго возникновенія тканей и органовъ въ ихъ хронологической послѣдовательности въ связи съ изученіемъ формы тѣла живого существа, складывающейся при этомъ развитіи, образуетъ содержаніе исторіи развитія. Рука объ руку съ морфологическимъ дифференцированіемъ идетъ физіологическое или, какъ мы можемъ также сказать, физіологическое раздѣленіе труда. Изслѣдованіе физіологическихъ свойствъ клѣтокъ и происходящихъ изъ нихъ тканей составляетъ предметъ общей физіологіи, въ то время какъ описаніе отправленій органовъ и ихъ совмѣстнаго дѣйствія въ опредѣленномъ живомъ организмѣ представляетъ содержаніе спеціальной физіологіи соотвѣтствующаго живого существа.

Такъ какъ нѣкоторыя живыя существа не доходятъ до образованія тканей или органовъ, а образовавшіеся при дѣленіи индивидуумы или тотчасъ отдѣляются другъ отъ друга или, самое большее, образуютъ колонію мало или почти не отличающихся другъ отъ друга индивидуумовъ, то мы можемъ всѣ живыя существа раздѣлить на одно- и многоклѣточныя. Нѣкоторые изслѣдователи ввели для нихъ названія моно- и полипластидовъ, большинство же біологовъ или объединяетъ всѣ одноклѣточныя живыя существа подъ именемъ протистовъ или же кладетъ въ основу дѣленія подраздѣленіе на растеній и животныхъ и затѣмъ, соотвѣтственно этому, первыхъ дѣлятъ на прото- и метафитовъ; послѣднихъ на прото- и метазоа.

Одноклѣточныя живыя существа даютъ намъ до извѣстной степени возможность изслѣдовать основныя свойства клѣтокъ. Далѣе обнаруживается, что даже у самыхъ сложныхъ животныхъ встрѣчаются отдѣльныя клѣтки, еще сохранившія свои существенныя основныя свойства; поэтому онѣ такъ мало отличаются отъ амебъ, что легко могутъ быть съ ними смѣшаны. Это относится, напримѣръ, къ упомянутымъ въ § 4 лейкоцитамъ. Другія, напротивъ, вслѣдствіе раздѣленія труда имѣютъ настолько развитыя отдѣльныя свойства, что мы здѣсь можемъ изучить ихъ лучше, чѣмъ на первоначальныхъ, такъ сказать, еще совершенно нейтральныхъ клѣткахъ. Поэтому рядомъ съ изученіемъ протистовъ точное изслѣдованіе свойствъ тканей сдѣлалось главнѣйшимъ основаніемъ общей физіологіи.

---

[1]) У другихъ животныхъ сходство еще больше, однако, сказанное въ существенномъ примѣнимо ко всѣмъ живымъ существамъ.

ТРИНАДЦАТАЯ ГЛАВА.

Клѣтки, клѣточныя сообщества и ткани.

1. Біологическая единица. Съ тѣхъ поръ, какъ твердо установлено, что всѣ сложныя живыя существа развиваются изъ одной клѣтки, и что въ составъ ихъ тканей входятъ или неизмѣненныя клѣтки, или элементы, образовавшіеся изъ клѣтокъ—съ этого времени сдѣлалось общепринятымъ понятіе, что клѣтка является наименьшимъ и наипростѣйшимъ образованіемъ, съ которымъ связаны всѣ жизненныя явленія животныхъ и растеній. Дѣйствительно, у простѣйшихъ живыхъ существъ (протистовъ) всѣ жизненныя явленія протекаютъ внутри одной, единственной клѣтки. Тѣла же многоклѣточныхъ живыхъ существъ или полипластидовъ представляются въ морфологическомъ отношеніи суммою отдѣльныхъ клѣтокъ или клѣточныхъ образованій, но при этомъ каждая клѣтка еще сохраняетъ въ физіологическомъ отношеніи извѣстную самостоятельность, что, разумѣется, ничуть не исключаетъ той или другой взаимной зависимости ихъ. Этимъ объясняется то, что отдѣльныя части какого либо сложнаго живого существа,—при извѣстныхъ условіяхъ отдѣльныя клѣтки,—будучи разъединены съ остальными, сохраняютъ болѣе или менѣе долгое время свои жизненныя свойства и способность самостоятельно жить. Такъ, напр., лейкоциты, о которыхъ была рѣчь въ предыдущей главѣ, сохраняютъ свою способность двигаться и внѣ живого тѣла, а именно въ каплѣ крови, взятой изъ тѣла путемъ укола; клѣтки рѣсничнаго эпителія (см. § 7) долго продолжаютъ свои движенія и тогда, когда ихъ, по удаленіи изъ тѣла, наблюдаютъ подъ микроскопомъ, и т. д. Подобное наблюдается и на цѣлыхъ органахъ, отдѣленныхъ отъ тѣла, напр., мышцахъ и пр. Всѣ они могутъ, хотя бы только ограниченное время, продолжать свою жизнь, особенно если до нѣкоторой степени соблюдаются условія, подходящія для ихъ питанія, поддержанія ихъ температуры и пр. Это переживаніе органовъ, какъ называютъ эти процессы, послужило съ большою пользою для многихъ изслѣдованій, такъ какъ благодаря этому имѣется возможность точнѣе изслѣдовать жизненныя явленія отдѣльныхъ органовъ, тканей и клѣтокъ, чѣмъ это возможно при наблюденіяхъ, производимыхъ надъ цѣльными организмами, представляющими для наблюденій болѣе сложныя условія.

Данныя позднѣйшаго времени показали однако, что клѣтки, сами по себѣ, имѣютъ сложное строеніе. Въ нихъ были найдены, кромѣ уже давно извѣстныхъ главныхъ составныхъ частей, ядра, протоплазмы и иногда оболочки, еще всякаго рода зернышки, нити и т. д., касательно значенія которыхъ мнѣнія морфологовъ весьма расходятся. Однако же, большая часть изслѣдователей признаетъ многія или всѣ эти внутриклѣточныя образованія, изъ которыхъ на свѣжихъ препаратахъ видимъ только немногія и большая часть которыхъ обнаруживается только послѣ всевозможныхъ обработокъ препаратовъ съ помощью различныхъ реагентовъ и красящихъ веществъ, за настоящія структурныя составныя части клѣтокъ. И такъ, теперь подъ клѣткою уже не разумѣютъ, какъ это дѣлали первые изслѣдователи, наполненную жидкостью и ограниченную со всѣхъ сторонъ твердыми стѣнками полость; уже не характеризуютъ клѣтку, подобно болѣе позднимъ авторамъ, какъ комокъ живой протоплазмы, собранной вокругъ ядра. Въ настоящее время авторы считаютъ клѣтку за незначительную массу живого вещества, обладающаго весьма сложнымъ строеніемъ, и различныя отклоненія во мнѣніяхъ касательно клѣтки относятся только къ вопросу о томъ, какія изъ названныхъ структурныхъ частей клѣтки имѣютъ суще-

ственное значеніе для нея, и какимъ должно приписать второстепенную роль. Но иные біологи идутъ дальше. Они хотятъ считать конечною біологическою единицею не сложную клѣтку, но, скорѣе, ея структурные элементы. Они принимаютъ, что могутъ существовать живыя образованія болѣе простого строенія, чѣмъ клѣтки, и что они тожественны съ указанными структурными частями клѣтокъ. Разумѣется, этотъ вопросъ прямо былъ бы рѣшенъ, если бы черезъ точное наблюденіе было твердо установлено, что структурные элементы клѣтокъ могутъ вести самостоятельную жизнь, не будучи соединены другъ съ другомъ въ одну клѣтку. Но такого наблюденія мы не имѣемъ еще, да и мало вѣроятно, чтобы удалось его сдѣлать. Чѣмъ больше мы изучаемъ то, что мы именуемъ жизненными процессами, тѣмъ становится для насъ яснѣе, что здѣсь дѣло идетъ объ очень сложныхъ явленіяхъ. Разложить эти сложныя явленія на болѣе простыя, лучше изученныя,— это является задачею физіологическаго изслѣдованія. Каждое явленіе, даже простѣйшее происходитъ черезъ взаимодѣйствіе двухъ, по крайней мѣрѣ, различныхъ тѣлъ. Отдѣльное тѣло, находящееся въ міровомъ пространствѣ въ изолированномъ состояніи, стоящее внѣ какого либо посторонняго вліянія и не дѣйствующее никакъ на какое либо другое тѣло, или пребываетъ неизмѣнно въ своемъ состояніи, или только обнаруживаетъ извѣстныя явленія, представляющіяся послѣдствіемъ какихъ либо прежнихъ воздѣйствій на это тѣло. Но, если тѣло обнаруживаетъ новыя явленія, то оно само должно быть сложнымъ, т. е. должно состоять изъ различныхъ составныхъ частей. Чѣмъ разнообразнѣе тѣ или другія явленія, связанныя съ какимъ либо тѣломъ, тѣмъ болѣе должно полагать, что такое тѣло имѣетъ сложное строеніе. Поэтому мы не должны удивляться тому, что клѣтка, на которой мы наблюдаемъ столь разнообразныя явленія, имѣетъ сложное строеніе, и мы имѣемъ право считать весьма вѣроятнымъ, что, если бы та или другая составная часть клѣтки могла жить самостоятельно, то и она должна была бы быть не простою, а все таки опять сложною по своему строенію. Мы можемъ всякое сложное образованіе, съ которымъ связаны какія либо опредѣленныя явленія, называть машиною, поэтому можемъ и клѣтку назвать машиною *). То, что является намъ подъ микроскопомъ подъ видомъ составныхъ частей клѣтки, можетъ быть, составляетъ важныя части механизма этой послѣдней. Но также возможно, что важнѣйшія части клѣточнаго механизма, вообще, не могутъ быть сдѣланы видимыми или потому, что онѣ по своей прозрачности, по своей способности преломлять свѣтъ, по своему отношенію къ красящимъ веществамъ и какимъ либо реагентамъ не достаточно отличаются другъ отъ друга, или потому, что по своей незначительной величинѣ онѣ недоступны даже микроскопическому наблюденію. Мы не имѣемъ никакого права изъ того, что клѣтка обладаетъ тою или другою структурою, дѣлать заключеніе, что эти структурные элементы могутъ вести самостоятельную жизнь,—такъ же мало, какъ мало мы можемъ разсматривать отдѣльныя колеса и т. п. какой либо машины за полныя машины. И такъ какъ до сихъ поръ, какъ уже выше было указано, еще не было точно доказано, что структурные элементы клѣтки способны къ самостоятельному существованію, то намъ представляется лучшимъ разсматривать пока клѣтку, какъ крайнюю, намъ извѣстную біологическую единицу.

*) Разумѣется, изъ этого не слѣдуетъ, что клѣтка со своими составными частями является тожественною съ извѣстными намъ машинами. Существуютъ весьма разнообразныя машины; въ нѣкоторыхъ изъ нихъ имѣютъ мѣсто исключительно механическіе процессы, въ другихъ вмѣстѣ съ тѣмъ и химическіе, электрическіе или какіе либо другіе. Мы стоимъ предварительно передъ клѣткою, подобно человѣку, или совершенно, или недостаточно знакомому съ какой либо сложной машиной. Онъ хорошо видитъ, что эта машина состоитъ изъ отдѣльныхъ частей, находящихся въ взаимной связи; но онъ не можетъ прослѣдить дѣйствія механизма. Можетъ быть, при достаточномъ разумѣ и выдержкѣ онъ и ознакомится съ этимъ механизмомъ. Достигнемъ ли мы, въ болѣе или менѣе отдаленномъ будущемъ, полнаго познанія механизма клѣтки, это пока должно оставаться нерѣшеннымъ.

2. Клѣтка, какъ элементарный организмъ. Чѣмъ дальше будутъ расширяться наши свѣдѣнія о внутреннемъ строеніи клѣтки, тѣмъ болѣе мы будемъ въ состояніи судить о томъ, могутъ ли структурные элементы ея быть разсматриваемы за такія существенныя части, черезъ взаимодѣйствіе которыхъ осуществляется жизнь клѣтки, подобно тому, какъ у сложныхъ живыхъ существъ взаимодѣйствіе ихъ различныхъ органовъ вызываетъ сложные жизненные процессы цѣлаго организма. И въ настоящее время мы можемъ, по аналогіи съ сложными живыми существами, говорить объ органахъ клѣтки, клѣтку же саму разсматриваютъ, какъ организмъ. Эрнстъ Брюкке предложилъ поэтому для клѣтки весьма подходящее наименованіе «элементарный организмъ», этимъ ясно выражается, что въ каждой клѣткѣ, подобно тому, какъ во всякомъ сложномъ организмѣ, взаимодѣйствіе отдѣльныхъ ея составныхъ частей проявляется въ общихъ жизненныхъ явленіяхъ всей клѣтки. Поскольку мы принимаемъ такое именованіе клѣтки, постольку мы можемъ одноклѣточныя живыя существа называть простыми организмами и имъ противоставлять многоклѣточные организмы, какъ организмы высшаго порядка *).

При разъясненіи того физіологическаго распредѣленія труда, которое мы находимъ въ живыхъ существахъ, мы указывали, для сравненія, на распредѣленіе труда, встрѣчаемое въ человѣческихъ обществахъ. Этимъ сравненіемъ удобно воспользоваться и дальше. Какое-либо государство, гражданская община, корпорація какого-либо рода,—всѣ они нерѣдко именуются организмами. Однако, каждое подобное общество состоитъ изъ отдѣльныхъ лицъ, изъ которыхъ каждое, взятое само по себѣ, есть организмъ; итакъ, во всѣхъ этихъ приведенныхъ примѣрахъ можно различать организмы различныхъ порядковъ, подчиненныхъ другъ другу въ той или другой степени.

Въ общегосударственномъ организмѣ отдѣльныя части управленія,—министерство народнаго просвѣщенія, юстиціи, военное, финансовъ и пр.,—могутъ быть разсматриваемы, какъ органы Государственнаго Управленія **). Каждый изъ этихъ органовъ является, въ свою очередь, организмомъ, состоящимъ изъ цѣлаго ряда различныхъ инстанцій, управленій, отъ высшаго министерства до низшаго включительно; въ составъ каждаго управленія входятъ, какъ члены или органы даннаго управленія, люди, исполняющіе тѣ или другія обязанности; но и эти люди-органы являются, однако, весьма сложными организмами. Подобнымъ образомъ, мы можемъ говорить объ отдѣльныхъ органахъ людей, и объ ихъ структурныхъ элементахъ, клѣткахъ, какъ объ организмахъ, соединенныхъ въ одинъ организмъ высшаго порядка, а именно въ тѣло человѣка.

3. Протоплазма и ядро. Мы оставили еще не рѣшеннымъ вопросъ о томъ, насколько всѣ структурные элементы, находимые внутри клѣтки, могутъ быть разсматриваемы, какъ органы этой послѣдней. Нѣкоторые изъ этихъ элементовъ мы разсмотримъ позже; теперь же остановимся на такихъ частяхъ клѣтки, которыя являются несомнѣнными ея органами. Нѣкоторыя изъ такихъ ея частей, а именно протоплазма и ядро, встрѣчаются во всѣхъ клѣткахъ. Однако, иные біологи принимаютъ, что существуютъ самостоятельныя живыя существа, которыя состоятъ только изъ протоплазмы, не имѣя никакого ядра. Если это такъ, то мы должны были бы такія живыя существа принимать за организмы, у которыхъ морфологическое и физіологическое отдѣленіе ядра отъ протоплазмы еще не наступило, онѣ являлись бы болѣе простыми, чѣмъ простѣйшія, нами разсмотрѣнныя живыя существа, именно чѣмъ амебы. Эти наипростѣйшія существа были названы Эрнстомъ Гэккелемъ монерами и отнесены имъ въ первую группу протистовъ. Но такъ какъ уже удалось у нѣкоторыхъ моноръ доказать существованіе ядра, и такъ какъ является вѣроятно лишь вопросомъ времени, не удастся ли найти ядро и у тѣхъ живыхъ существъ, которыя теперь считаются безъядерными, то должно вопросъ о существованіи живыхъ существъ, способныхъ къ самостоятельной жизни и равнозначущихъ безъядернымъ клѣткамъ, считать открытымъ.

---

*) Выраженіе «высшаго порядка» не означаетъ подчиненія; оно указываетъ только на большее осложненіе въ строеніи того или другого живого существа. Въ каждомъ сложномъ организмѣ однако отдѣльныя его части находятся въ подчиненномъ отношеніи къ организму, взятому, какъ цѣлое.

**) При этомъ сравненіи мы совершенно оставляемъ въ сторонѣ устройство государства). Предметомъ сравненія у насъ служитъ только организація Управленія.

Нѣкоторыя клѣтки, входящія въ составъ сложнаго живого существа, также не имѣютъ ядра, обнаруживаемаго окрашиваніемъ или подобными вспомогательными средствами. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, какъ напр., въ красныхъ кровяныхъ тѣльцахъ или эритроцитахъ (см. гл. 11 § 5) млекопитающихъ, бываетъ явственное ядро только во время эмбріональнаго ихъ состоянія; позднѣе оно исчезаетъ и готовое красное кровяное тѣльце является лишеннымъ ядра. Въ другихъ случаяхъ, и у безъядерныхъ, повидимому, клѣтокъ можно, при достаточномъ увеличеніи и подходящей окраскѣ, замѣтить вмѣсто одного ядра массу мельчайшихъ ядрышекъ, разбросанныхъ тамъ и сямъ въ протоплазмѣ. Но тамъ, гдѣ и этого не обнаруживается, мы не можемъ, однако, дѣлать заключеніе, что все тѣло такой клѣтки состоитъ изъ какой-то одной массы, одинаковой въ химическомъ, физическомъ и, въ особенности, біологическомъ отношеніяхъ. Мы уже указывали на предѣльныя границы микроскопическаго различенія. Мы можемъ различать части какого-либо микроскопическаго объекта, лежащія другъ подлѣ друга, только тогда, если онѣ представляются сколько-нибудь отличными въ оптическомъ отношеніи и если ихъ размѣры не лежатъ ниже опредѣленной величины, зависящей отъ свойствъ даннаго микроскопа. Если эти части оптически другъ отъ друга не отличаются, то онѣ могутъ оказаться различными по отношенію къ какимъ-либо реагентамъ. Многократный опытъ говоритъ за то, что протоплазма и ядро являются въ химическомъ отношеніи различными. Этимъ обусловливается возможность дѣлать ихъ, съ помощью тѣхъ или другихъ реагентовъ, въ особенности красящихъ веществъ, столь отличными въ оптическомъ отношеніи, что онѣ могутъ быть различены даже тамъ, гдѣ онѣ, до той или другой обработки, не были видимы. Но если два какихъ-либо химически различныхъ вещества обращены въ такую тончайшую смѣсь, что величина ихъ частичекъ лежитъ ниже границы видимости ихъ, то эти вещества становятся мало распознаваемыми въ указанной смѣси, если даже ихъ сдѣлать отличными другъ отъ друга въ оптическомъ отношеніи, они будутъ настолько же мало отличаться, насколько мало различимы отдѣльныя зернышки двухъ различно окрашенныхъ мельчайшихъ порошковъ, тщательно смѣшанныхъ другъ съ другомъ. Подобное мы можемъ имѣть и въ клѣткѣ. Въ извѣстный періодъ ея жизни протоплазма и ядро ея могутъ быть раздѣлены между собою совершенно явственно; такъ, въ юныхъ красныхъ кровяныхъ тѣльцахъ ядро и протоплазма видимы, какъ выше было сказано, по отдѣльности; въ болѣе же старыхъ ядра не видно, но, однако, мы не можемъ утверждать, что ядро исчезло, такъ какъ возможно, что ядерное вещество и протоплазма остались въ безъядерныхъ красныхъ кровяныхъ тѣльцахъ въ тѣхъ же самыхъ количествахъ, но только являются столь тѣсно между собою смѣшанными, что обратились въ массу, кажущуюся гомогенною, совершенно такъ же, какъ это бываетъ какъ мы уже выше указывали, при тщательномъ смѣшеніи окрашенныхъ мельчайшихъ порошковъ; такъ, при смѣшеніи желтой охры и синяго ультрамарина получаютъ порошокъ, окрашенный равномѣрно въ зеленый цвѣтъ.

Если ядро клѣтки представляется явственно обособленнымъ, то, вѣроятно, оно обладаетъ опредѣленными функціями, которыя отличны отъ функцій протоплазмы клѣтки и которыя имѣютъ значеніе для жизни всей клѣтки. Оно играетъ важную роль, въ особенности при дѣленіи клѣтки, о чемъ рѣчь будетъ позже. Кромѣ того кажется оно вообще безусловно необходимо для поддержанія нормальной жизни клѣтки.

На нѣкоторыхъ одноклѣточныхъ живыхъ существахъ, именно имѣющихъ большіе, относительно, размѣры, удается иногда произвести искусственное раздѣленіе ихъ на такіе кусочки, что одинъ или нѣкоторые изъ нихъ содержатъ только протоплазму, другой или другіе, — вмѣстѣ съ нею и ядро или часть его. Подобное происходитъ иногда въ растительныхъ клѣткахъ, благодаря плазмолизу. Во всѣхъ такихъ случаяхъ жизненныя явленія обнаруживаются извѣстное время, какъ на тѣхъ, такъ и на другихъ кусочкахъ клѣтки. Но, въ то время, какъ кусочки клѣтки, содержащіе вмѣстѣ съ протоплазмою и ядро или часть его, живутъ продолжительно и при благопріятныхъ обстоятельствахъ возстановляютъ

отрѣзанныя части, кусочки, не содержащіе ядра или части его, черезъ нѣсколько дней погибаютъ. Само ядро, изолированное отъ протоплазмы, также весьма скоро погибаетъ. Итакъ, обѣ названныя составныя части клѣтки находятся въ тѣсной связи между собою; ни та, ни другая не можетъ сама по себѣ существовать сколько-нибудь продолжительно. Изъ наблюденій надъ радіоляріями Ферворнъ заключилъ, что, по удаленіи ядра, ассимилированіе принятой пищи происходитъ не полно, или вовсе не бываетъ; можетъ быть, ядро производитъ химическія вещества, которыя являются необходимыми для перевариванія составныхъ частей пищи. Ферворнъ наблюдалъ также, что тѣ части радіоларій, которыя не лишены ядра, могутъ возстановлять раковину на поврежденныхъ мѣстахъ; кусочки же животнаго, не имѣющіе ядра, не обладаютъ такою способностью. Равнымъ образомъ и на железистыхъ клѣткахъ констатировано, что ядро должно играть важную роль при отдѣлительной работѣ клѣтки.

При современномъ состояніи нашихъ знаній мы не можемъ рѣшить вопросъ относительно того, имѣетъ ли какое-либо физіологическое значеніе та или другая форма ядра, и наличность въ клѣткѣ только одного, или нѣсколькихъ, или многихъ ядеръ. Если химическій составъ ядра отклоняется отъ такового протоплазмы, и если, соотвѣтственно этому, между протоплазмою и ядромъ происходитъ черезъ диффузію обмѣнъ веществъ, то очевидно, что черезъ увеличеніе ядерной поверхности, означенный обмѣнъ повышается *). У инфузорій можно видѣть подлѣ ядра еще одно тѣльце, такъ называемое добавочное ядро, mikronucleus (ср. рис. 57, стр.— 210), объ этихъ, равно какъ о другихъ структурныхъ частяхъ клѣтки, также о достопримѣчательныхъ явленіяхъ, которыя при извѣстныхъ обстоятельствахъ возникаютъ въ этихъ образованіяхъ, будетъ рѣчь въ другихъ мѣстахъ. Теперь же, предварительно, для насъ достаточно того положенія, что протоплазма и ядро являются существенными составными частями клѣтки, изъ которыхъ слагается послѣдняя и которыя обнаруживаютъ въ главныхъ чертахъ всѣ, намъ уже извѣстныя жизненныя явленія.

4. Дифференцированіе клѣтокъ. Какого изумительнаго дифференцированія во внѣшней формѣ, соединеннаго съ раздѣленіемъ физіологической работы, можетъ достигать при извѣстныхъ обстоятельствахъ простая клѣтка, это показываетъ прежде всего, наиболѣе поучительно, водоросль Caulerpa prolifera (рис. 52, стр. 208), водящаясявъ Средиземномъ морѣ. Стержень ея, растущій въ горизонтальномъ направленіи, несетъ снизу корнеобразные отростки (ризоиды), сверху листообразные, вѣтвящіеся. Хотя это растеніе можетъ достигать значительной величины, такъ что его «листья» бываютъ иногда длиною въ нѣсколько сантиметровъ, однако, оно представляетъ собою только одну клѣтку. Но у этой клѣтки имѣется не только видоизмѣненіе въ формѣ, но также настоящее дифференцированіе отдѣльныхъ ея частей, которое связано съ раздѣленіемъ физіологической работы. Ризоиды его служатъ, подобно настоящимъ корнямъ многоклѣточныхъ растеній, для укрѣпленія растенія на томъ или другомъ мѣстѣ и для принятія пищи; листьеобразныя части клѣтки завѣдуютъ, подобно настоящимъ листьямъ всѣхъ растеній, дыханіемъ и ассимиляціею.

Подобное дифференцированіе встрѣчается у многихъ одноклѣточныхъ живыхъ существъ и, въ менѣе развитой формѣ, у отдѣльныхъ клѣтокъ многоклѣточныхъ организмовъ. Тамъ, гдѣ подобное дифференцированіе выражено явственно, мы можемъ болѣе или менѣе опредѣленно говорить объ «органахъ» клѣтки, а именно, въ томъ же смыслѣ, въ какомъ

---

*) Въ ядрахъ встрѣчаются въ большихъ количествахъ нуклеиновыя вещества, содержащія фосфоръ (см. гл. 10, § 18). Реакція ядра часто бываетъ, повидимому, кислою, въ то время какъ протоплазма по большей части реагируетъ нейтрально или слабо щолочно. Химическими отличіями этихъ составныхъ частей клѣтки обусловливается ихъ различное отношеніе къ тѣмъ или другимъ реагентамъ, особенно красящимъ веществамъ.

говорится объ органахъ высшихъ живыхъ существъ. Разнообразныя функціи, которыя у амебъ представляются соединенными въ одной только клѣткѣ и изъ которыхъ складываются жизненные процессы амебъ, являются у этихъ дифференцированныхъ клѣтокъ распредѣленными на различныя ихъ части, подобно тому, какъ въ сложныхъ организмахъ онѣ раздѣлены между различными клѣтками, тканями и органами. Итакъ оказывается, что дифференцированіе клѣтокъ представляетъ рядъ постепенныхъ переходовъ, начиная съ того или другого расчлененія клѣтки, съ появленія различныхъ частей (органовъ) ея, и кончая преобразованіемъ цѣлыхъ клѣтокъ въ специфическія, одаренныя тѣми или другими функціями образованія, каковыми представляются ткани и органы высшихъ живыхъ существъ.

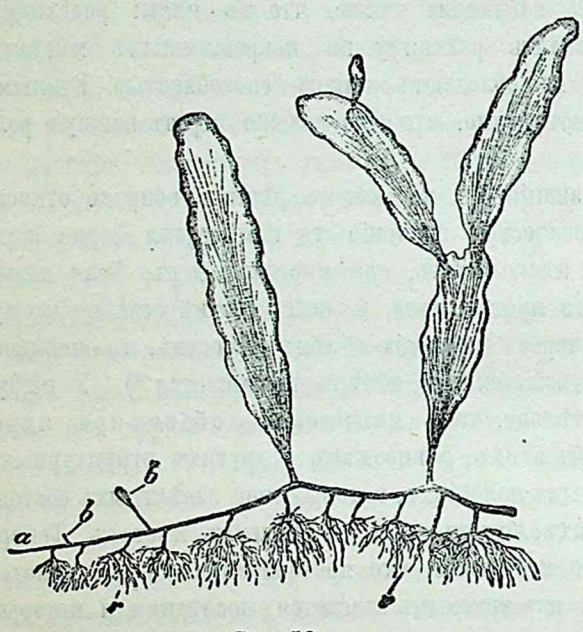


Рис. 52.
Caulerpa prolifera. Водоросль Средиземнаго моря, состоящая изъ одной клѣтки: *a*—растущій конецъ; *b*—зачатки листовидныхъ образованій; *r*—ризоиды.

5. **Клѣточная оболочка.** Мы уже видѣли, что оболочка не составляетъ необходимой части клѣтки. Растительныя клѣтки имѣютъ обыкновенно оболочки, у животныхъ же онѣ встрѣчаются относительно рѣдко. Такъ какъ оболочки уменьшаютъ, во всякомъ случаѣ, обмѣнъ веществъ между клѣткой и ея средою, и тѣмъ болѣе, чѣмъ онѣ толще и непроницаемѣе, то становится понятнымъ, что главнымъ образомъ заключенывъ оболочку такія клѣтки, которыя находятся въ состояніи пониженной жизненной дѣятельности, какъ это имѣетъ мѣсто при инцистированіи, которое мы отнесли къ разряду явленій мнимой смерти.

Во многихъ случаяхъ, затрудненіе въ обмѣнѣ веществъ какой-либо клѣтки, вызываемое существованіемъ толстой клѣточной оболочки, сглаживается отчасти тѣмъ, что такая оболочка является прободенною отверстіями, черезъ которыя протоплазма данной клѣтки можетъ приходить въ соприкосновеніе съ средою, окружающею клѣтку, или съ протоплазмою сосѣднихъ клѣтокъ (рис. 53).

Клѣточныя оболочки нерѣдко благодаря тѣмъ или другимъ выдѣленіямъ сильно утолщаются и пріобрѣтаютъ черезъ это значительную крѣпость. Въ такомъ случаѣ, онѣ защищаютъ протоплазму клѣтки отъ потери воды и отъ механическихъ поврежденій. Онѣ достигаютъ также, въ особенности у растеній, большой твердости, что придаетъ и тканямъ, изъ нихъ состоящимъ, извѣстную твердость, каковой никогда не имѣютъ ткани, клѣтки которыхъ лишены оболочекъ.

Подобныя клѣтки, снабженныя толстыми стѣнками, только и имѣлись въ виду фонъ-Молемъ и Шлейденомъ у растеній и Шванномъ—у животныхъ, когда они впервые устанавливали ученіе о строеніи организмовъ изъ отдѣльныхъ клѣтокъ. Такъ какъ сначала были того мнѣнія, что клѣточная оболочка составляетъ существенную, характерную особенность всякой клѣтки, то полагали, что клѣтка, въ сущности, представляетъ полость, выполненную жидкостью. Этимъ взглядомъ объясняется самое наименованіе клѣтка: оно является не совсѣмъ подходящимъ для клѣтокъ, лишенныхъ оболочки. Робертъ Гукъ, англійскій физикъ, впервые обратилъ вниманіе на то, что растительныя образованія являются сложенными изъ отдѣльныхъ элементовъ, подобно медовымъ сотамъ (1667). Мейенъ, Шлейденъ, Гуго фонъ-Мольи другіе ботаники позднѣе указали на то, что клѣтка можетъ быть разсматриваема, какъ первичная форма, изъ которой можно произвести всѣ ткани растеній; Шваннъ показалъ (1839) это и для животныхъ тканей. Растительное клѣточное ядро было впервые описано ботаникомъ Робертомъ Броуномъ (1773–1858).

Юныя растительныя клѣтки (рис. 54) имѣютъ обыкновенно тонкую оболочку; утолщеніе, обусловливаемое выдѣленіемъ клѣтчатки, наступаетъ только впослѣдствіи. Вся полость такой клѣтки, замкнутая въ ея оболочкѣ, является равномѣрно выполненною мелкозернистою протоплазмою. Большое ядро занимаетъ приблизительно середину клѣтки; оно заключено въ тонкую, но крѣпкую оболочку и заключаетъ въ себѣ легко красящееся хроматиновое вещество и довольно большое ядрышко (*n*). Подлѣ него лежатъ въ протоплазмѣ или, иначе говоря, цитоплазмѣ (*cy*) два круглыхъ тѣльца,—центросферы, которыя соотвѣтствуютъ выше упомянутой центрозомѣ. Къ этимъ образованіямъ, равно какъ къ такъ называемымъ хроматофорамъ (*ch*), свойственнымъ растительнымъ клѣткамъ, мы вернемся позднѣе.

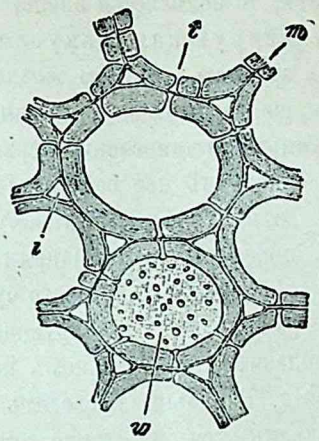


Рис. 53.
Растительныя клѣтки съ сильно утолщенными стѣнками, снабженными отверстіями. *i*—межклѣточное пространство; *t*—отверстіе; *w*—нижняя стѣнка клѣтки, усѣянная отверстіями.

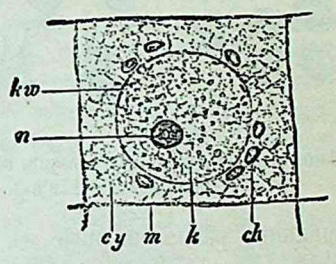


Рис. 54.
Молодая растительная клѣтка. *k* ядро; *kw*—стѣнка ядра; *n*—ядрышко; *cy*—цитоплазма; *ch*—хроматофоры; *m*—стѣнка клѣтки; увеличеніе въ 1000 разъ.

Описываемая здѣсь клѣтка взята изъ такъ называемаго конуса нарастанія явнобрачнаго растенія; въ этомъ конусѣ нарастанія имѣетъ мѣсто интенсивный ростъ, благодаря постоянному увеличенію числа клѣтокъ, черезъ дѣленіе ихъ. Поэтому клѣтки представляются плотно скученными и давятъ другъ на друга, такъ что онѣ имѣютъ кубическую или пластинчатую форму; на разрѣзахъ онѣ являются четырехугольными.

Рис. 55 представляетъ болѣе старую клѣтку. Она увеличилась, черезъ ростъ, въ объемѣ, но протоплазма ея прибыла не въ такой мѣрѣ, какъ сокъ ея. Протоплазма отчасти занимаетъ въ ней пристѣночное положеніе, отчасти является въ видѣ нитей и тяжей, среди которыхъ расположены вакуоли. На томъ мѣстѣ, гдѣ протоплазматическія нити и тяжи сливаются, лежитъ ядро, величина котораго, по отношенію къ размѣрамъ самой клѣтки, много меньше, чѣмъ въ юной клѣткѣ.

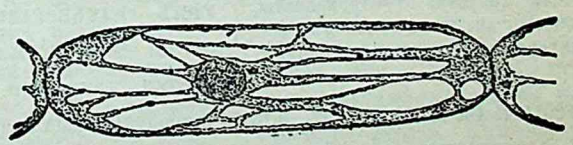


Рис. 55.
Клѣтка изъ тычинки Tradescantia virginica. Протоплазма прилегаетъ въ видѣ тонкаго слоя къ клѣточной оболочкѣ и образуетъ сѣть толстыхъ и тонкихъ тяжей, въ узловомъ пунктѣ которыхъ лежитъ ядро. Между протоплазматическими тяжами находятся большія вакуоли, наполненныя клѣточнымъ сокомъ.

Въ царствѣ животныхъ клѣтки, лишенныя оболочки, или голыя клѣтки, встрѣчаются чаще, чѣмъ въ царствѣ растеній. Иныя изъ нихъ такъ походятъ на амебъ, что ихъ легко можно было бы смѣшать съ этими послѣдними, если не знать ихъ происхожденія. Къ такимъ голымъ клѣткамъ можно отнести напр., лейкоцитовъ, которые встрѣчаются въ крови большей части животныхъ; въ этой жидкости они живутъ такъ же, какъ амебы въ прудовой или морской водѣ (см. рис. 44 и 56). Они способны мѣнять свой видъ и передвигаться съ помощью псевдоподій; могутъ, подобно амебамъ, вбирать въ себя твердыя тѣла, которыя приходятъ въ соприкосновеніе съ ихъ псевдоподіями, переваривать захватываемыя ими постороннія тѣла или выбрасывать ихъ вонъ и т. д. Эти клѣтки встрѣчаются также, въ видѣ такъ называемыхъ блуждающихъ клѣтокъ, въ промежуточныхъ пространствахъ животныхъ тканей.

6. Пульсирующая вакуоля. У многихъ амебъ замѣчается въ протоплазмѣ одно мѣсто, отличающееся по виду и состоянію. Это мѣсто протоплазмы имѣетъ видъ свѣтлаго, круглаго пятна, которое то исчезаетъ, то появляется вновь, что происходитъ въ правильные промежутки времени. Это есть пульсирующая вакуоля,—полость, выполненная прозрачною, свѣтлою жидкостью; при внезапномъ уменьшеніи этой полости жидкость вытѣсняется изъ нея; при возстановленіи первоначальнаго ея объема жидкость вновь въ нее собирается. Очень хорошо можно наблюдать пульсирующія вакуоли также у одноклѣточныхъ инфузорій, какъ, напримѣръ, у *Paramaecium* (рис. 57), объ органахъ котораго будетъ рѣчь ниже. *Paramaecium* имѣетъ двѣ пульсирующія вакуоли; вокругъ нихъ видны канальцы, расположенные въ протоплазмѣ въ радіальномъ направленіи, по отношенію къ вакуолямъ, и впадающіе въ послѣднія. Канальцы проводятъ попадающую въ нихъ жидкость въ вакуоли, изъ которыхъ она выдавливается при выше указанныхъ ритмическихъ сокращеніяхъ этихъ послѣднихъ. Итакъ, протоплазма, прилегающая непосредственно къ вакуолямъ, отличается отъ протоплазмы другихъ частей тѣмъ, что она ритмически сокращается, такъ, что вакуоля уменьшается равномѣрно и въ одно и то же время со всѣхъ сторонъ. Пульсирующая вакуоля является какъ бы простѣйшимъ типомъ органовъ, которые у сложныхъ живыхъ существъ встрѣчаются въ видѣ пульсирующаго сердца *).

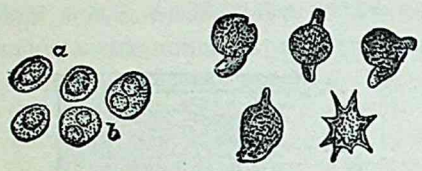


Рис. 56.
Лейкоциты человѣка, въ состояніи покоя и при амебоидныхъ движеніяхъ.

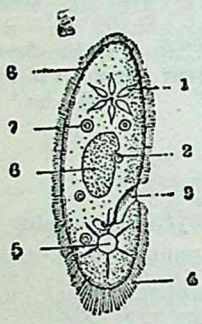


Рис. 57.
Paramaecium caudatum. 1 и 5 — пульсирующія вакуоли; 2—добавочное ядро; 6 — главное ядро; 3 — ротовое отверстіе и глотка; 7—пищевая вакуоля; 8—трихоцисты, заложенныя въ эктоплазмѣ; 4 — трихоцисты, выдающіяся наружу.

У амебы пріемъ пищи, равно какъ и выдѣленіе непереваримыхъ частицъ могутъ происходить на всякомъ мѣстѣ ея тѣла; это бываетъ какъ съ твердыми тѣлами, такъ и съ растворенными, переходящими извнѣ внутрь амебы, или наоборотъ; то же самое происходитъ съ поглощенными газами. Кислородъ поступаетъ въ тѣло амебы на поверхности ея, на ней же происходитъ и выдѣленіе углекислоты. Благодаря тѣмъ измѣненіямъ поверхности амебы, которыя связаны съ ея движеніями, диффузія растворенныхъ веществъ ускоряется, такъ что, несмотря на чрезвычайно малые размѣры амебы и на медленность всѣхъ диффузіонныхъ токовъ, общій обмѣнъ веществъ совершается съ достаточною энергіею.

Но для живого существа, болѣе крупнаго, чѣмъ амеба, и у котораго жизненные процессы идутъ живѣе, чѣмъ у этой послѣдней (что должно быть соединено съ повышеніемъ обмѣна веществъ), такія простѣйшія условія и приспособленія, какія мы находимъ у амебъ, были бы недостаточны. Они совершенно отказываются служить, по крайней мѣрѣ въ томъ, что касается принятія и выдѣленія твердыхъ тѣлъ у тѣхъ живыхъ существъ, поверхность которыхъ представляется уплотненною въ такъ называемую кутикулу, какъ это мы видимъ у *Paramaecium*. Такая болѣе или менѣе плотная поверхность, которая не исключаетъ подвижности даннаго организма, но защищаетъ его отъ механическихъ поврежденій, является для него весьма полезною.

---

*) Пульсирующая вакуоля простѣйшихъ напоминаетъ сердце своими ритмическими сокращеніями; въ физіологическомъ же отношеніи ее нужно считать за органъ выдѣленія, такъ какъ во многихъ случаяхъ доказано, что жидкость изъ нея выталкивается наружу.

Ред.

Слой протоплазмы, прилегающій непосредственно къ кутикулѣ, представляется обыкновенно гораздо болѣе плотнымъ, чѣмъ остальная часть, которая имѣетъ, какъ у амебъ, мелкозернистое строеніе и полужидкую консистенцію. Этотъ слой обнаруживаетъ у *Paramaecium* родъ поперечной исчерченности. Если *Paramaecium* умерщвляется, то изъ тѣла его выступаютъ тонкіе волоски, болѣе длинные, чѣмъ рѣснички, видныя на рисункѣ; объ этихъ рѣсничкахъ будетъ сказано ниже. То, что представляется поперечною исчерченностью слоя, прилегающаго къ кутикулѣ, есть веретенообразныя полости, въ которыхъ лежатъ упомянутые волоски въ свернутомъ видѣ. Здѣсь мы имѣемъ дѣло съ такимъ же образованіемъ, каковымъ являются стрекательныя нити у Cnidaria, у которыхъ онѣ лежатъ, будучи свернуты внутри капсулы; при тѣхъ или другихъ случаяхъ, какъ, напр. при нападеніи животнаго или при самозащитѣ, онѣ внезапно выбрасываются вонъ. У Cnidaria конецъ этихъ нитей снабженъ крючками, впивающимися въ тѣло врага, причемъ въ причиняемую ими ранку изъ нити изливается ѣдкая жидкость.

Разсмотримъ теперь *Paramaecium* нѣсколько подробнѣе. Животное это не имѣетъ полной симметріи. Одна его поверхность (назовемъ ее спинною), является выпуклою, покрытою рѣсничками. На противоположной сторонѣ, брюшной, мы видимъ вдавленіе, переходящее въ глотку, также покрытую рѣсничками. Движеніе этихъ рѣсничекъ производитъ водоворотъ, причемъ окружающая вода, вмѣстѣ съ взвѣшенными въ ней различными твердыми частичками увлекается въ глотку. Поглощенное пребываетъ въ глоткѣ только нѣкоторое время, послѣ чего оно, благодаря сокращеніямъ глотки, переходитъ внутрь протоплазмы тѣла. Такимъ образомъ возникаетъ небольшая полость, наполненная поглощенною водою, вмѣстѣ съ захваченными съ нею твердыми частицами и отграниченная отъ глотки слоемъ протоплазмы. Такъ какъ подобный процессъ повторяется, то возникаетъ извѣстное число обособленныхъ, такъ называемыхъ пищевыхъ вакуолей, выполненныхъ жидкостью и маленькими твердыми тѣльцами; эти вакуоли продвигаются внутрь протоплазмы вслѣдствіе сокращеній этой послѣдней. Во время такого передвиженія вакуоли вода, содержащаяся въ ней, равно какъ и растворенныя въ водѣ тѣла, въ томъ числѣ и кислородъ, переходятъ вслѣдствіе диффузіи въ протоплазму. Въ то время, какъ пищевая вакуоля перемѣщается все глубже и глубже, она постепенно дѣлается все меньше и меньше. Наконецъ, отъ нея и ея содержимаго остаются только непереваримыя частицы, которыя выталкиваются изъ тѣла животнаго черезъ анальное отверстіе*). Что же касается избытка поглощенной воды, растворенныхъ въ ней веществъ и въ особенности продуктовъ распада, возникающихъ въ тѣлѣ животнаго, то все это выносится вонъ черезъ пульсирующія вакуоли.

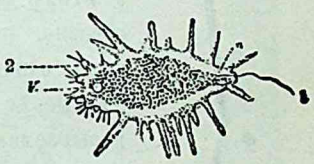


Рис. 58.

Mastigamoeba aspera съ вытянутыми псевдоподіями. 1—Жгутикъ; 2 псевдоподія; *v*—вакуоля.

7. Жгутики и рѣснички. Еще явственнѣе, чѣмъ въ пульсирующихъ вакуоляхъ, сократительная способность протоплазмы обнаруживается на извѣстныхъ клѣточныхъ органахъ, которые встрѣчаются также у нѣкоторыхъ амебъ,—такъ называемыхъ жгутикахъ. Рис. 58 представляетъ жгутиковую амебу, *Mastigamoeba aspera*. Вмѣстѣ съ псевдоподіями, которыя выдаются тамъ и сямъ изъ протоплазмы, эта амеба несетъ на опредѣленномъ мѣстѣ своего тѣла особый органъ движенія, именно длинную тонкую нить, бичеобразныя колебанія которой могутъ передвигать животное, приблизительно такимъ же образомъ, какъ при извѣстныхъ движеніяхъ весла, укрѣпленнаго на кормѣ лодки, эта послѣдняя плыветъ впередъ.

*) У *Paramaecium* не видно настоящаго заднепроходнаго отверстія, какъ это встрѣчается у иныхъ одноклѣточныхъ организмовъ. Но на одномъ мѣстѣ поверхность тѣла этого животнаго представляется болѣе податливою, чѣмъ на другихъ мѣстахъ, такъ что здѣсь можетъ происходить, именно черезъ сокращеніе протоплазмы, выталкиваніе изъ тѣла животнаго разныхъ зернышекъ.

Жгутиковое движеніе встрѣчается у всевозможныхъ живыхъ существъ, въ ихъ юномъ состояніи, даже у такихъ, которыя, достигши полнаго развитія, не обнаруживаютъ никакихъ движеній. У многихъ растеній и животныхъ встрѣчаются клѣточныя образованія, которыя, будучи снабжены жгутикомъ, такъ или иначе покидаютъ материнскій организмъ и ведутъ подъ именемъ «блуждающихъ споръ» въ извѣстный періодъ своего существованія блуждающій образъ жизни, пока они гдѣ либо не утвердятся и не потеряютъ своего жгутика. У другихъ животныхъ, именно у *Flagellata* или жгутиковыхъ инфузорій, жгутикъ остается въ теченіе всей ихъ жизни. *Mastigamoeba* имѣетъ только одинъ жгутикъ. Иногда ихъ бываетъ два, одинъ подлѣ другого, или даже четыре, а именно два находятся на переднемъ концѣ тѣла, два же — на заднемъ. При движеніи жгутиковаго животнаго, тотъ конецъ его тѣла, который несетъ жгутикъ, обращенъ впереди; однако же, встрѣчается движеніе и въ обратномъ направленіи. Послѣднее бываетъ обыкновенно у сѣмянныхъ нитей, называемыхъ также сперматозомами или сперматозоидами,—клѣтокъ, черезъ сліяніе которыхъ съ яйцомъ происходитъ половое оплодотвореніе. У этихъ клѣтокъ жгутикъ имѣетъ форму длинной, широкой ленты, волнообразно колеблющейся при движеніи, у многоклѣточныхъ животныхъ вдоль одного края ленты тянется, какъ бы вложенная въ нее, болѣе или менѣе крѣпкая нить, являющаяся собственно жгутикомъ. Эта лента, называемая также хвостомъ, содержитъ бо́льшую часть протоплазмы клѣтки, въ то время какъ передній конецъ этой послѣдней, такъ называемая головка, состоитъ почти исключительно изъ ядернаго вещества; рис. 59 представляетъ сѣменную нить саламандры.

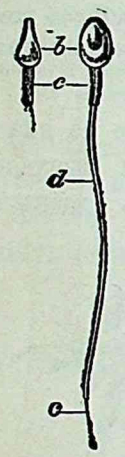
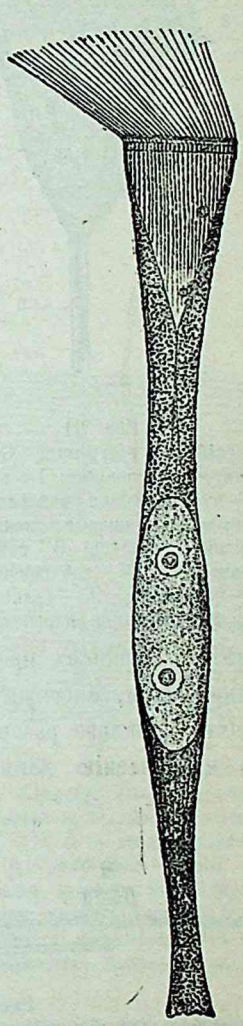


Рис. 59. Сѣменная нить, видимая слѣва – съ узкой стороны, справа — съ широкой стороны; *b* — головка, *c* — средина, *d* — хвостъ, *e* – кончикъ хвоста.

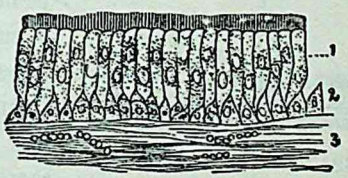
Рѣснички походятъ на весьма нѣжные и болѣе короткіе жгутики; онѣ особенно хорошо развиты у рѣснитчатыхъ инфузорій (Ciliata). Онѣ встрѣчаются у животныхъ или распространенными по всему тѣлу, какъ, напримѣръ, у *Paramaecium*, или собранными на отдѣльныхъ, опредѣленныхъ мѣстахъ его, какъ напр. у сувоекъ (рис. 61). Своими мерцательными движеніями (почему онѣ называются также мерцательными волосками), онѣ приводятъ тѣло животнаго въ движеніе; въ другихъ случаяхъ, особенно если животное однимъ концомъ, именно противоположнымъ тому, на которомъ сидятъ рѣсницки, къ чему-либо прикрѣплено, онѣ, двигаясь, производятъ водоворотъ около животнаго, причемъ это послѣднее поглощаетъ взмученную воду вмѣстѣ съ плавающими въ ней частичками тѣхъ или другихъ твердыхъ веществъ. У сложныхъ животныхъ, также и у млекопитающихъ, встрѣчаются клѣтки, образующія покровъ тѣла въ видѣ такъ называемаго эпителія и несущія на своей свободной поверхности рѣсницки. Благодаря постоянному движенію этихъ рѣсничекъ, та жидкость, съ которою соприкасаются означенныя эпителіальныя клѣтки, приходитъ вмѣстѣ съ взвѣшенными въ ней тѣлами въ движеніе. Такія клѣтки находятся, напр., въ трахеѣ млекопитающихъ, гдѣ онѣ служатъ къ тому, чтобы удалять изъ воздухоносныхъ путей слизь и постороннія тѣла, попадающія туда. Промежуточнымъ образованіемъ между рѣсничками и собственно псевдоподіями являются палочкообразные отростки эпителіальныхъ клѣтокъ, покрывающихъ слизистую оболочку кишечника; эти отростки могутъ, по всей вѣроятности, захватывать изъ кишечной полости капельки жира (можетъ-быть, вообще всякія твердыя частички) и переносить ихъ внутрь клѣтокъ (см. гл. 11 § 7).

Весьма большія рѣсницки, такъ называемыя рѣсничныя пластинки, встрѣчаются у гребневиковъ и другихъ многоклѣточныхъ водныхъ животныхъ. На этихъ пластинкахъ механизмъ рѣсничнаго движенія можетъ быть лучше наблюдаемъ, чѣмъ на весьма небольшихъ и чрезвычайно быстро двигающихся рѣсничкахъ или мерцательныхъ волоскахъ (см. гл. 18 и 19). Въ то время какъ амебоидное движеніе осуществляется благодаря сократительной

способности всей протоплазмы, движеніе пульсирующихъ вакуолей, жгутиковъ и рѣсничекъ происходитъ вслѣдствіе увеличенной сократимости тѣхъ или другихъ опредѣленныхъ участковъ протоплазмы и имѣетъ опредѣленное направленіе. Если у рѣснички или у жгутика укорачивается то одна, то другая сторона, то данный органъ долженъ изгибаться попеременно въ обѣ стороны. Итакъ, сократительная способность проявляется здѣсь исключительно, или преимущественно, по направленію длины рѣснички или жгутика. Еще сильнѣе развита эта односторонняя сократимость въ такъ называемыхъ мышцахъ, которыя являются у высшихъ животныхъ самыми существенными органами движенія. Части клѣтокъ, дѣйствующія подобнымъ образомъ, встрѣчаются также и у одноклѣточныхъ животныхъ. Такая дифференцировка клѣточнаго вещества наиболѣе выражена у сувоекъ.



8. Мышцы. Сувойки суть инфузоріи, живущія или отдѣльно, или колоніями. Отдѣльное животное состоитъ изъ колоколообразнаго тѣла, которое на своемъ узкомъ концѣ переходитъ въ длинный, тонкій, цилиндрическій стебелекъ; нижній конецъ этого стебелька, служащій для прикрѣпленія животнаго къ различнымъ предметамъ, какъ, напр., къ камнямъ, листьямъ, иногда даже къ насѣкомымъ и пр., представляется слегка расширеннымъ. Если сувойка прикрѣпится къ насѣкомому, напр. къ жуку, то она передвигается въ водѣ вмѣстѣ съ нимъ. У сувоекъ, живущихъ колоніями, какъ напр. у *Carchesium polypinum* (рис. 61), стебелекъ стоитъ въ связи съ стебельками другихъ индивидуумовъ, являющихся вѣтвями одного общаго полаго ствола, прикрѣпленнаго къ тому или къ другому предмету. Сувойки принадлежатъ, какъ и *Paramaecium*, къ рѣснитчатымъ инфузоріямъ. Въ то время, какъ *Paramaecium* покрытъ рѣсничками по всей поверхности своего тѣла, у сувоекъ рѣснички собраны въ кружокъ вдоль края ихъ колоколообразнаго тѣла. Колоколъ представляется какъ бы покрытымъ лежащею нѣсколько косо крышкою (*discus*). Отъ края крышки идетъ трубка, доходящая, приблизительно, до половины тѣла,—глотка. Подлѣ глотки видна пульсирующая вакуоля и большое, подковообразное ядро. Рѣснички сидятъ по всему утолщенному краю колокола и отчасти въ начальной части глотки. У *Carchesium* къ рѣсничкамъ примыкаетъ колеблющаяся перепонка, которая состоитъ изъ большого числа рѣсничекъ, спаянныхъ между собою. Рѣснички, сидящія по краю колокола, находятся въ постоянномъ движеніи, идущемъ отъ одной рѣснички къ другой, такъ что наблюдателю представляется, какъ-будто край колокола вращается, подобно жернову, около своей оси. Благодаря такому движенію рѣсничекъ, возникаетъ водоворотъ, увлекающій воду и плавающія въ ней мелкія различныя тѣла въ глотку. Это можно особенно хорошо наблюдать тогда, когда къ водѣ примѣшиваютъ, съ цѣлью наблюденія, какой-нибудь нерастворимый, мелкій цвѣтной порошокъ.



A *B*

Рис. 60.

Рѣсничныя клѣтки. *A*—изъ барабанной полости. 1—Цилиндрическія клѣтки, несущія рѣснички или мерцательные волоски; 2 – маленькія клѣтки, сидящія въ глубинѣ на слизистой оболочкѣ (3). *B*—большая рѣсничная клѣтка—изъ Cyclas cornea, маленькаго моллюска, живущаго въ прѣсныхъ водахъ.

Стебелекъ животнаго состоитъ изъ нѣжной, прозрачной оболочки и плотной осевой нити, нѣсколько закрученной, такъ называемаго мускула стебелька. Этотъ мускулъ пред-

ставляется при большихъ увеличеніяхъ продольно исчерченнымъ, такъ что его можно принимать за пучокъ нѣжныхъ волоконъ. Тамъ, гдѣ стебелекъ переходитъ въ тѣло животнаго, волоконца мускула расходятся между собою и въ тѣлѣ животнаго, именно въ корковомъ слоѣ его, ихъ можно различить въ видѣ продольныхъ полосокъ. Оболочка стебелька переходитъ въ кутикулу, которая одѣваетъ тѣло животнаго снаружи.

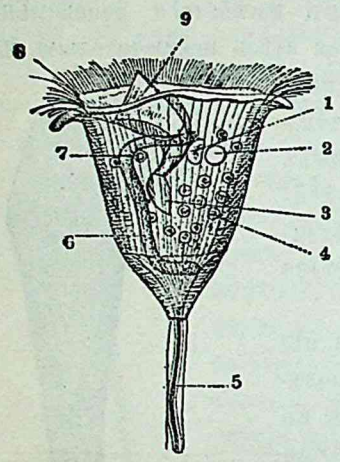


Рис. 61.
Carchesium polypinum — Сувойка, живущая колоніями: 1 — вакуоля; 2 — пульсирующая вакуоля; 3 — глотка; 4 — пищевые комочки; 5 — мышца стебелька; 6 — подковообразное ядро; 7 — добавочное ядро; 8 — перистомъ; 9 — волнообразно колеблющаяся перепонка.

Сувойки являются чрезвычайно возбудимыми. При малѣйшемъ сотрясеніи колоколообразное тѣло ихъ, черезъ сокращеніе мышечныхъ волоконъ, стягивается въ шаръ, причемъ discus втягивается внутрь, а край, по которому сидятъ рѣснички, стягивается въ узкое кольцо. Къ тому же, мускулъ стволика сильно укорачивается, причемъ оболочка стволика принимаетъ видъ плотно скрученной спирали и притягиваетъ колоколъ къ мѣсту его прикрѣпленія.

Итакъ, здѣсь мы видимъ, что часть тѣла клѣтки еще явственнѣе превратилась въ особое образованіе, у котораго сократимость развита только въ продольномъ направленіи. Это послѣднее свойство характерно для постоянныхъ мышцъ всѣхъ высшихъ животныхъ. Поэтому-то мы считаемъ себя въ правѣ именовать внутреннюю, сокращающуюся часть стебелька коловратки мускуломъ, хотя это образованіе представляется только частью одной клѣтки. Ближайшія изслѣдованія показали, что всѣ мышцы возникаютъ изъ извѣстныхъ клѣтокъ, причемъ протоплазма этихъ послѣднихъ растетъ особенно сильно только въ одномъ направленіи, и сократительная способность этой протоплазмы, являющаяся при иныхъ условіяхъ одинаково развитою во всѣхъ направленіяхъ, превращается въ одностороннюю, именно по направленію длины клѣтки. У многихъ многоклѣточныхъ животныхъ встрѣчаются клѣтки, протоплазма которыхъ превратилась отчасти въ мышечное вещество, какъ, напр., у медузъ такъ называемыя эпителіальныя мускульныя клѣтки (рис. 62). Стѣнки тѣла гидры являются сложенными изъ двухъ родовъ клѣтокъ. Внутренній слой состоитъ изъ большихъ клѣтокъ, нѣкоторыя изъ нихъ имѣютъ жгутикъ; этотъ слой образуетъ энтодерму. Внѣшній слой эктодермы, отдѣленный отъ внутренняго нѣжною, безструктурною опорной пластинкою, содержитъ клѣтки двоякаго рода: большія, конически утонченныя на своемъ внутреннемъ концѣ, и клѣтки меньшихъ размѣровъ, выполняющія пространства, находящіяся между внутренними концами клѣтокъ перваго рода. Большія клѣтки, сгибаясь на внутреннемъ концѣ, подъ прямымъ угломъ къ ихъ продольной оси, переходятъ въ сократимыя пластинки,— мышечные отростки, которые идутъ параллельно длинной оси тѣла животнаго и плотно прилегаютъ къ вышеупомянутой опорной пластинкѣ; имъ животное обязано своею способностью сокращаться.

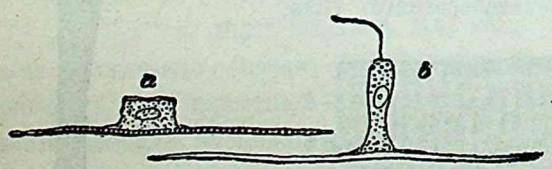


Рис. 62.
Эпителіальныя мускульныя клѣтки. *a* — медузъ; *b* — актиніи, съ жгутикомъ.

Въ настоящихъ мышечныхъ клѣткахъ большая часть протоплазмы является превращенной въ сократимое вещество, такъ что отъ первоначальной протоплазмы остается небольшой участокъ, лежащій вокругъ ядра клѣтки. Различаютъ два рода мышечнаго ве-

щества: гладкое и поперечно-полосатое. Гладкія мышечныя волокна имѣютъ видъ или веретенообразныхъ клѣтокъ, съ длинными, заостряющимися концами и однимъ ядромъ по большей части палочкообразной формы; или же они встрѣчаются въ формѣ вѣтвящихся клѣтокъ, у которыхъ внѣшній слой протоплазмы сдѣлался сократимымъ въ то время, какъ внутренняя часть клѣтки содержитъ неизмѣненную протоплазму, съ залегающимъ въ ней ядромъ. Въ поперечно-полосатыхъ мышцахъ сократительное вещество представляется раздѣленнымъ на два вещества, отличныхъ между собою въ оптическомъ отношеніи. Оба эти вещества, изъ которыхъ одно представляется болѣе темнымъ, чѣмъ другое, расположены чередующимися слоями, что и обусловливаетъ поперечную полосатость этихъ волоконъ*).

Какъ гладкія, такъ и поперечно-полосатыя мышцы встрѣчаются по большей части, соединенными въ болѣе или менѣе значительныя массы; первыя даютъ обыкновенно пластинчатыя образованія, разнаго рода сплетенія или кольца; вторыя — волокнистые пучки. Изъ такихъ пучковъ поперечно-полосатыхъ волоконъ состоятъ скелетныя мышцы позвоночныхъ, съ которыми мы познакомились у кролика.

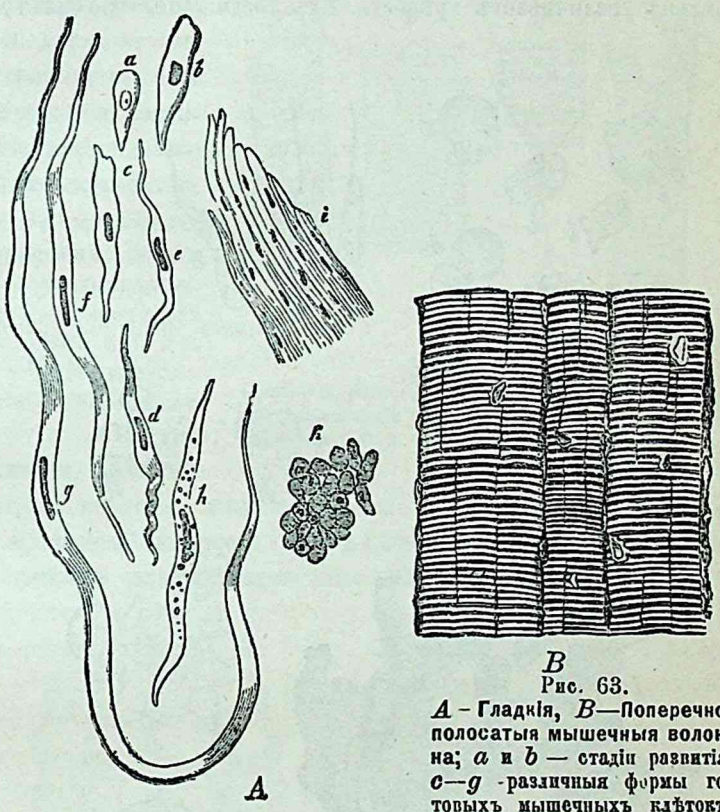


Рис. 63.
A — Гладкія, *B*—Поперечно-полосатыя мышечныя волокна; *a* и *b* — стадіи развитія; *c*—*g* -различныя формы готовыхъ мышечныхъ клѣтокъ; *h*—клѣтка (мышечная), содержащая крупинки жира; *i*—пучокъ волоконъ; *k*—поперечный разрѣзъ пучка волоконъ, у нѣкоторыхъ изъ которыхъ видно ядро. Касательно поперечно-полосатыхъ мышцъ см. гл. 18.

9. Клѣточныя сообщества. На мышечныхъ волокнахъ мы можемъ видѣть, какъ изъ клѣточныхъ органовъ,—отдѣльныхъ, въ томъ или другомъ родѣ дифференцированныхъ частей одной клѣтки,—возникаетъ клѣтка, дифференцированная во всемъ своемъ составѣ, полностью; такая клѣтка не въ состояніи уже вести самостоятельную жизнь, но можетъ существовать только, какъ часть какого-либо организма высшаго порядка. Если черезъ повторное дѣленіе какой-либо клѣтки (материнской клѣтки) изъ нея возникаетъ большее или меньшее число клѣтокъ (дочернихъ клѣтокъ), которыя не разъединяются другъ съ другомъ, чтобы жить въ отдѣльности, но остаются всѣ . ѣстѣ, то въ такомъ случаѣ возникаетъ или колонія, или сложный организмъ высшаго порядка. Назовемъ образованія, которыя возникаютъ такимъ образомъ, общимъ именемъ клѣточныя сообщества. Клѣточныя сообщества, которыя сами становятся частями сложнаго организма и которыя черезъ одностороннее развитіе ихъ клѣточныхъ элементовъ пріобрѣтаютъ опредѣленный морфологи-

*) При образованіи мышечныхъ волоконъ клѣтки вытягиваются, ихъ ядра дѣлятся, причемъ протоплазма ихъ не раздѣляется на явственно другъ отъ друга отграниченные клѣточные участки. Мышцы сердца состоятъ изъ вытянутыхъ, часто вѣтвящихся, одноядерныхъ клѣтокъ, концы которыхъ спаяны между собою клейкимъ веществомъ. Одновременно съ дѣленіемъ ядра и увеличеніемъ клѣтки въ длину совершается превращеніе протоплазмы; только вокругъ ядеръ остаются участки неизмѣненной протоплазмы.

ческій и физіологическій характеръ, называются тканями; изъ тканей слагаются органы сложныхъ живыхъ существъ.

Клѣтки, при развитіи ихъ въ ту или другую ткань, могутъ оставаться близко другъ около друга, такъ что онѣ взаимно соприкасаются. По большей части онѣ при этомъ склеиваются между собою особымъ, такъ называемымъ склеивающимъ веществомъ, выдѣляемымъ клѣтками, и часто принимаютъ, сплющиваясь черезъ взаимное давленіе, многогранныя формы; или же онѣ сцѣпляются другъ съ другомъ зубчатыми краями, что значительно увеличиваетъ крѣпость ихъ соединенія. Но клѣтки могутъ также далеко расходиться другъ отъ друга, именно если ихъ протоплазма даетъ обильныя выдѣленія. Ту массу, которая выдѣляется клѣтками, и въ которой онѣ сами заложены, называютъ межклѣточнымъ веществомъ. Это вещество можетъ оставаться однороднымъ (гомогеннымъ) или претерпѣваетъ послѣдующія превращенія, — дѣлается волокнистымъ и т. д. *). Примѣромъ для перваго случая могутъ служить эпителіи, для второго—хрящъ (см. рис. 68, 69 и 70).

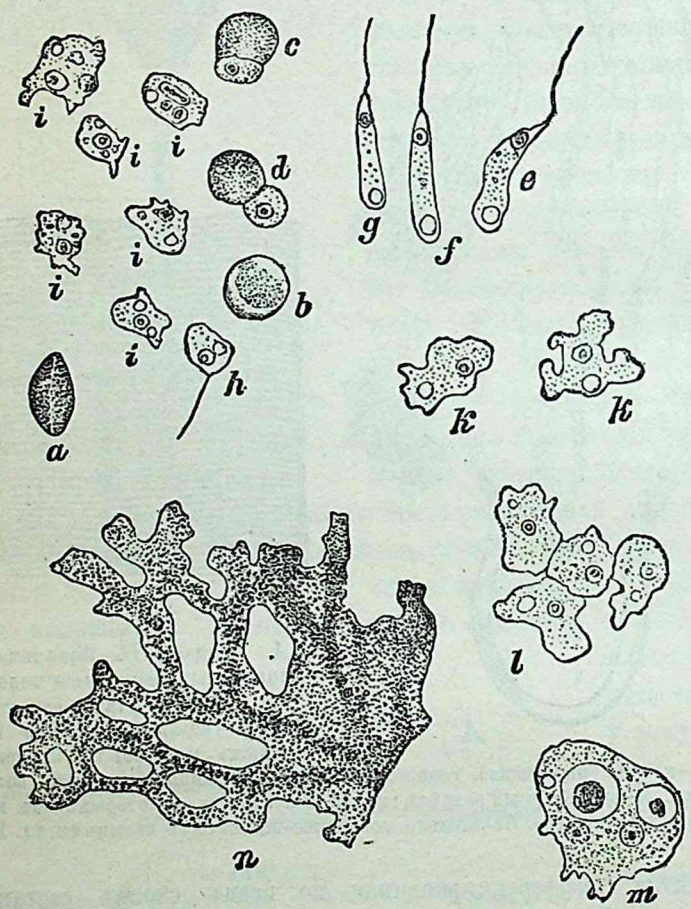


Рис. 64.
Chondrioderma difforme—слизистый грибокъ, живущій на гніющихъ листьяхъ, навозѣ и т. д. *a*—сухая спора; *b* - разбухшая отъ воды; *c—d*—выхожденіе содержимаго изъ споры; *e - g* - подвижныя споры; *h—k*—миксамёбы; *l* еще не соединившіяся амебы; *m*—начало сліянія; *n*—часть готоваго плазмодія, образовавшагося путемъ сліянія.

Въ другихъ случаяхъ нѣсколько клѣтокъ сливаются другъ съ другомъ, такъ что образуется одна большая вмѣстѣ сплоченная протоплазматическая масса съ многочисленными ядрами. Такое клѣточное сообщество носитъ названіе Syncytium. Какъ таковое — можно разсматривать поперечно полосатыя мышечныя волокна (срав. прим. къ стр. 215), другой подобный примѣръ представляютъ слизистые грибы или миксомицеты. На рис. 64 представлено развитіе такой многоядерной клѣтки; *a* изображаетъ сухую сморщенную такъ называемую спору; если она попадаетъ въ воду, тогда она набухаетъ и принимаетъ видъ, какъ показано на *b*, это теперь простая заключенная въ твердую оболочку, т.-е. инкапсулированная клѣтка. При дальнѣйшемъ разбуханіи оболочка лопается и изъ нея выходитъ наружу голая клѣтка. Она принимаетъ продолговатую форму, на одномъ ея концѣ образуется жгутикъ, бла-

*) Если клѣтки, будучи совершенно отдѣлены другъ отъ друга, плаваютъ свободно въ жидкости, какъ это мы встрѣчаемъ въ крови и лимфѣ животныхъ, то иные морфологи называютъ такія образованія тканями, имѣющими жидкое межклѣточное вещество. Но мнѣ кажется справедливѣе, для такихъ образованій, вообще, не употреблять наименованія «ткань».

годаря волнообразнымъ движеніямъ котораго клѣтка можетъ плавать въ водѣ (*c*, *f*, *g*). Въ такомъ состояніи она называется подвижной спорой. Въ клѣткѣ находится ядро и сократительная вакуоля. Спустя короткое время подвижная спора перестаетъ двигаться, жгутикъ исчезаетъ, и клѣтка принимаетъ видъ небольшой амебы (*k*). Эти амебовидныя клѣтки растутъ и дѣлятся, затѣмъ сливаются другъ съ другомъ и образуютъ такъ называемый плазмодій (*n*). Въ зернистой массѣ плазмодія наблюдаются постоянныя теченія; въ то же время протоплазма то образуетъ отростки, то снова ихъ втягиваетъ, на подобіе того, какъ это было описано у амебъ. При встрѣчѣ двухъ отростковъ, они сливаются; если отростокъ встрѣчаетъ твердое тѣло, то онъ его обволакиваетъ и втягиваетъ. Однимъ словомъ, въ этомъ отношеніи плазмодій представляетъ собою какъ бы гигантскую амебу.

Chondrioderma difforme встрѣчается очень часто на гніющихъ частяхъ растеній и достигаетъ иногда величины въ нѣсколько сантиметровъ. Еще больше бываютъ плазмодіи другихъ миксомицетъ (Fuligo varians прежде называемый Aethalium septicum), которые образуютъ на влажномъ корьѣ покровы сѣрно-желтаго цвѣта, діаметра въ 30 сант. и больше.

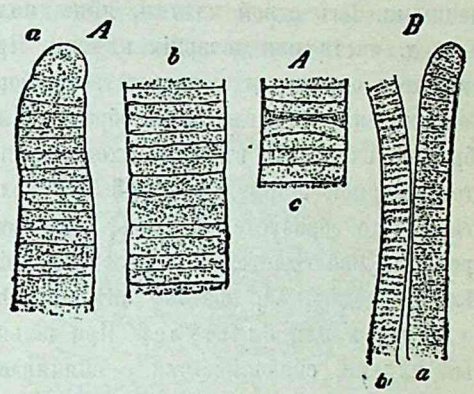


Рис. 65.
Oscillaria princeps (*A*) и O. Froelichii (*B*)—двѣ образующія нити водоросли-дробянки; *a*—окончаніе; *b* и *c*—части изъ середины нити.

Если пограничныя поверхности, образующіяся при послѣдовательномъ дѣленіи клѣтокъ, параллельны между собою, тогда образуется линейно расположенный клѣточный аггрегатъ или клѣточная нить. Примѣромъ этому могутъ служить водоросли-дробянки или нитчатки (Рис. 65).

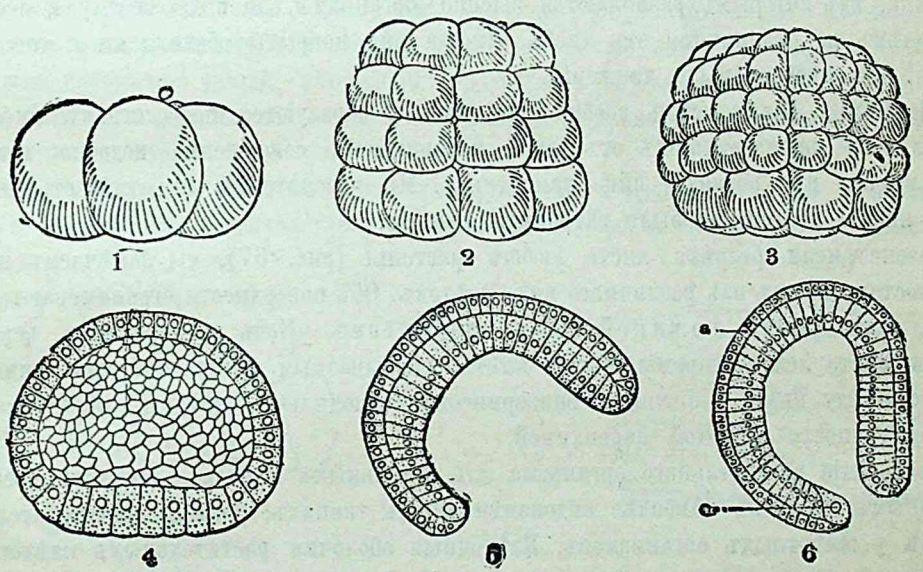


Рис. 66.
Дробленіе яйца у ланцетника (Amphioxus lanceolatus). 1—четырехклѣточная стадія. 2—тридцати-двухклѣточная; 3—морула; 4—бластула, разрѣзанная посерединѣ 5, 6—гаструла, *a*—эктодерма. Изъ клѣтки *b* развивается впослѣдствіи третій, средній зародышевый листокъ, мезодерма.

Также образуются различные волосо- или нитеобразные отростки, представляющіе собою части большихъ клѣточныхъ организмовъ; примѣромъ могутъ служить волоски тычинокъ Tradescantia (сравн. рис. 55). Если отдѣльныя клѣтки выдаются въ сторону и затѣмъ изъ нихъ, посредствомъ дѣленія, вырастаетъ новый рядъ клѣтокъ, то получаются развѣтвленныя нити, какъ это, напримѣръ, наблюдается въ мицеліяхъ нѣкоторыхъ высшихъ плѣсеней. Если дѣленіе клѣтокъ

происходитъ въ двухъ взаимно перпендикулярныхъ направленіяхъ, тогда клѣточный аггрегатъ распространяется по поверхности. Наконецъ, если дѣленіе происходитъ по тремъ взаимно перпендикулярнымъ направленіямъ, то получаются тѣлесныя формы клѣточныхъ аггрегатовъ.

10. Первыя стадіи развитія ланцетника (Amphioxus). Въ качествѣ примѣра образованія ткани въ собственномъ смыслѣ этого слова, мы разсмотримъ первоначальныя стадіи развитія ланцетника, Amphioxus lanceolatus, самаго низшаго животнаго между позвоночными. Изъ одной клѣтки, яйца, получаются посредствомъ дѣленія сперва 2, потомъ 4, 8 и т. д. части или дочернія клѣтки. При всякомъ дѣленіи клѣтки съ поверхности отграничиваются отъ другихъ посредствомъ бороздъ; этотъ родъ дѣленія называется дробленіемъ. Когда дѣленіе достигло стадіи образованія множества мелкихъ клѣтокъ, то это клѣточное шарообразное скопленіе, въ виду сходства его съ тутовой ягодой (morus) называется морулей это сплошной шаръ, состоящій изъ мелкихъ клѣтокъ. Теперь клѣтки раздвигаются; вслѣдствіе этого образуется полость, наполненная жидкостью и ограниченная клѣтками. Одновременно наблюдается и первое указаніе на начало дифференцировки клѣтокъ; часть ихъ дѣлится медленнѣе; поэтому онѣ крупнѣе. Эта стадія развитія называется зародышевымъ пузыремъ или бластулей. При дальнѣйшемъ развитіи та часть, гдѣ лежатъ болѣе крупныя клѣтки, сплющивается и впячивается въ полость пузыря.

Мы получаемъ такимъ образомъ мѣшокъ, гаструлу, состоящую изъ двухъ слоевъ клѣтокъ—экто—и энтодермы, между которыми находится полое щелевидное пространство. Изъ эктодермы образуются у животныхъ внѣшніе кожные покровы (эпидерма) съ железами, нервная система и органы чувствъ. Энтодерма же дифференцируется впослѣдствіи еще разъ на энтодерму и мезодерму; изъ нея образуется пищеварительный каналъ и остальные внутренніе органы, мышцы и т. д. Такимъ образомъ всѣ части вполнѣ развитого животнаго представляютъ собою только преобразованіе клѣтокъ зародышеваго пузыря.

Яйца, изъ которыхъ развиваются высшіе организмы, по виду своему и свойствамъ, часто ничѣмъ не отличаются отъ амебъ. Иногда они покрыты оболочками и тогда они не могутъ дѣлать амебовидныхъ движеній.

11. Ткани. Ткани всѣхъ вообще организмовъ образуются посредствомъ дифференцировки клѣтокъ, происходящихъ отъ одной материнской, совершенно подобно тому, какъ это мы видѣли при развитіи яйца ланцетника. Мы разсмотримъ вкратцѣ строеніе этихъ тканей, насколько они не были затронуты раньше.

Разсматривая разрѣзъ листа любого растенія (рис. 67), мы замѣчаемъ нѣсколько слоевъ, составленныхъ изъ различнаго вида клѣтокъ. Обѣ поверхности ограничиваются слоемъ клѣтокъ, называемымъ кожицей или эпидермисомъ. Подъ эпидермисомъ верхней поверхности листа лежатъ продолговатыя клѣтки, называемыя палисадной паренхимой; пространство между ними и нижнимъ эпидермисомъ заполняютъ клѣтки, обозначаемыя въ своей совокупности губчатой паренхимой.

Построеніе растительнаго организма изъ отдѣльныхъ клѣтокъ остается всегда ясно выраженнымъ, даже въ наиболѣе видоизмѣненныхъ тканяхъ; чего не наблюдается въ такой мѣрѣ у животныхъ организмовъ. Клѣточныя оболочки растительныхъ клѣтокъ очень часто сильно уплотняются, вслѣдствіе чего пріобрѣтаютъ большую устойчивость. Растительныя клѣтки при своемъ ростѣ обыкновенно удлиняются въ одномъ направленіи. При этомъ ростъ протоплазмы большею частью не идетъ одинаково съ ростомъ клѣточной стѣнки, такъ что послѣдняя на внутренней своей поверхности покрывается только тонкимъ слоемъ протоплазмы. Во многихъ клѣткахъ протоплазма затѣмъ вполнѣ умираетъ, въ такомъ случаѣ остаются только сильно уплотненныя клѣточныя стѣнки, служащія въ качествѣ поддерживающихъ органовъ; въ другихъ случаяхъ выросшія въ длину клѣтки сливаются своими концами, другъ съ другомъ вслѣдствіе полнаго или частичнаго исчезновенія клѣточныхъ перегородокъ, такъ что образуются длинныя трубки или сосуды, предназначен-

ные для циркуляціи питательныхъ веществъ или выдѣленій. Одновременно образуется въ межклѣточныхъ пространствахъ, или предсуществующихъ или вновь образующихся, вслѣдствіе перемѣщенія клѣтокъ, система воздухоносныхъ ходовъ, пронизывающихъ все растеніе и въ извѣстныхъ мѣстахъ находящихся въ сообщеніи съ наружнымъ воздухомъ.

Вышеупомянутый эпидермисъ покрываетъ поверхность обыкновенно однимъ слоемъ клѣтокъ, рѣдко нѣсколькими; обращенныя наружу клѣточныя стѣнки, по большей части, сильнѣе уплотнены и покрыты сплошнымъ слоемъ кутикулы, на которомъ очень часто встрѣчаются еще воскообразныя отложенія. Благодаря этому, глубже лежащая ткань защищается отъ слишкомъ большой потери воды; испареніе ея можетъ происходить только въ отдѣльныхъ мѣстахъ покровнаго эпидермиса, объ этомъ рѣчь будетъ еще впереди. Клѣтки эпидермиса, если ихъ разсматривать съ поверхности, рѣдко представляютъ квадратныя очертанія, чаще онѣ растянуты въ видѣ прямоугольника или же совсѣмъ неправильны (Рис. 68). Онѣ напоминаютъ собою клѣточные покровы, часто встрѣчаемые у животныхъ въ оболочкахъ, ограничивающихъ полыя пространства и называемыя эндотеліемъ (рис. 69). Слизистыя оболочки, выстилающія полости и каналы сообщающіяся съ наружной средой, напр. пищеварительную трубку, состоятъ, большею частью, изъ многочисленныхъ слоевъ клѣтокъ; внутренніе слои содержатъ круглыя клѣтки, наружныя плоскія или цилиндрическія, расположенныя основаніемъ цилиндра перпендикулярно къ поверхности. Наружный покровъ высшихъ животныхъ состоитъ также изъ нѣсколькихъ клѣточныхъ слоевъ, изъ которыхъ самый наружный превращенъ въ плоскія, сухія, ороговѣвшія чешуйки. Клѣтки, входящія въ составъ наружныхъ покрововъ и слизистыхъ оболочекъ, называются эпителіемъ.

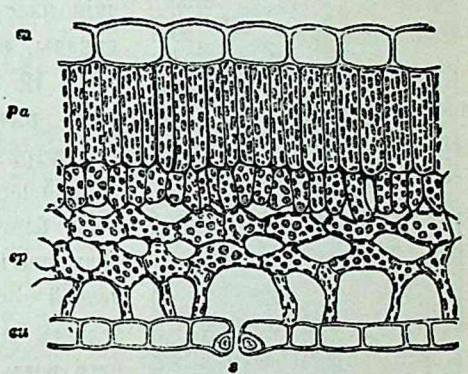


Рис. 67.
Поперечный разрѣзъ листа бука, Fagus silvatica. *co* — верхній, *eu* — нижній эпидермисъ; *s* — устьице; *pa* — палисадная паренхима; *sp* — губчатая паренхима. Увеличеніе 350 разъ.

Кромѣ эпителія, въ животныхъ тканяхъ различаютъ поддерживающія и соединительнотканныя образованія, встрѣчающіяся въ различныхъ формахъ собственно соединитель-

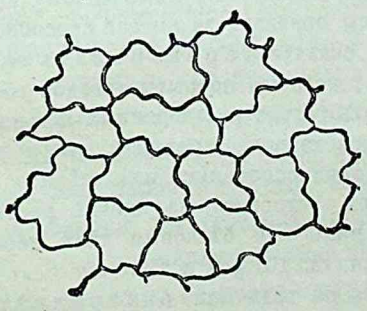


Рис. 68.
Клѣтки эпидермиса верхней поверхности листа растенія Mercurialis perennis. Увелич. 300 разъ.

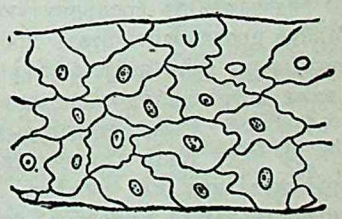


Рис. 69.
Эндотелій лимфатическаго сосуда. Увелич. 240 разъ.

ной ткани, хряща и костей, затѣмъ мышечную, железистую и нервную ткани. Всѣ форменные элементы животныхъ органовъ обволакиваются соединительной тканью, такъ что еслибы удалить собственное вещество всѣхъ органовъ, то оставшійся остовъ соединительной ткани представилъ бы въ цѣлости внѣшній видъ органовъ. Вполнѣ образованная хрящевая и костная ткань встрѣчается у позвоночныхъ; у безпозвоночныхъ вмѣсто нея находятся часто хитиновыя образованія, которыя подобно костямъ получаютъ особенную твердость вслѣдствіе от-

ложенія известковыхъ солей. Въ качествѣ примѣра на рис. 70 представлено изображеніе животной ткани, клѣтки которой съ уплотненной оболочкой лежатъ въ выдѣляемомъ клѣтками межклѣточномъ веществѣ. Это хрящевая ткань. Смотря по тому, остается ли межклѣточное вещество однороднымъ или раздѣляется на волокна, мы различаемъ гіалиновый, волокнистый и сѣтчатый хрящи. Иногда, особенно въ глубокой старости въ межклѣточномъ веществѣ откладываются известковыя соли, вслѣдствіе чего хрящъ пріобрѣтаетъ почти твердость кости. Настоящія кости содержатъ точно также клѣтки, расположенныя въ щеляхъ и полостяхъ основного вещества, состоящаго изъ оссеина и известковыхъ солей. Оссеинъ имѣетъ волокнистое строеніе и распредѣленъ въ концентрическія пластинки, образующія такъ называемые гаверсовы каналы, въ которыхъ проходятъ кровеносные сосуды.

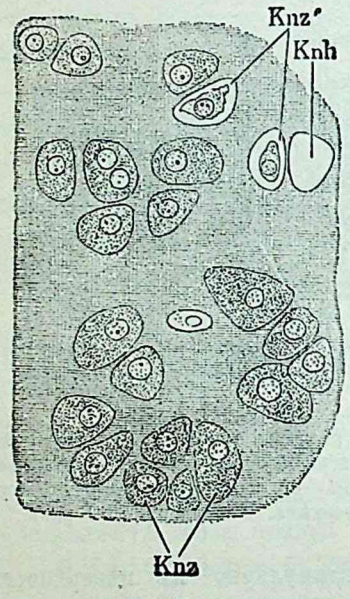


Рис. 70.
Гіалиновый хрящъ. Knh—полость хрящевыхъ клѣтокъ; Knz'—хрящевая клѣтка; Knz – сморщенная хрящевая клѣтка. Увелич. въ 350 разъ.

12. Железы. Такъ какъ о мышечной и нервной тканяхъ рѣчь будетъ впослѣдствіи, то намъ теперь остается разсмотрѣть только железистую ткань. Тутъ самой существенной частью являются железистыя клѣтки, которыя гистологи, благодаря ихъ сходству съ эпителіальными клѣтками, называютъ также железистымъ эпителіемъ. Но съ физіологической точки зрѣнія онѣ не имѣютъ ничего общаго съ эпителіемъ и ихъ слѣдуетъ разсматривать, какъ ткань особеннаго рода. Железы это клѣточные органы, въ протоплазмѣ которыхъ происходятъ нѣкоторые химическіе процессы, благодаря чему онѣ могутъ выполнять нѣкоторыя физіологическія функціи. Различаются одноклѣтчатыя и многоклѣтчатыя железы. Онѣ одинаково встрѣчаются у растеній и у животныхъ.

Для выясненія сущности дѣятельности железъ мы должны обратиться къ нѣкоторымъ фактамъ, о которыхъ была уже рѣчь при описаніи жизненныхъ явленій, наблюдаемыхъ у кролика и амебы. Какъ мы видѣли, амеба можетъ воспринимать постороннія тѣла и питаться ими. Для этого воспринимаемыя вещества должны раствориться. Но если они по своимъ химическимъ свойствамъ нерастворимы, то должны подвергнуться нѣкоторому химическому видоизмѣненію для того, чтобы перейти въ растворъ. По этому мы признали за амебой способность химически видоизмѣнять воспринятую пищу изи, какъ мы сказали переваривать ее.

Иначе происходитъ этотъ процессъ у организмовъ, которые покрыты твердой оболочкой. Такіе организмы какъ напр. бактеріи могутъ воспринимать только растворенныя вещества. Но между ними встрѣчаются такіе, которые въ состояніи растворять крахмалъ, твердую желатину, бѣлковыя тѣла, съ которыми приходятъ въ соприкосновеніе, или, вѣрнѣе говоря, вызывать въ нихъ такія химическія измѣненія, благодаря которымъ не вполнѣ растворимая на холодѣ желатина или совсѣмъ нерастворимый крахмалъ или бѣлковыя тѣла переходятъ въ легко растворимыя вещества (сахаръ, пептоны) (сравн. гл. 10, § 9 и 17).

Пищевареніе, которое у амебы происходитъ внутри ея тѣла или внутриклѣточно, происходитъ у бактерій внѣклѣточно.

Для объясненія этого факта, мы должны принять, что изъ организмовъ бактерій выдѣляется вещество, которое можетъ внѣ ихъ видоизмѣнять желатину и бѣлокъ.

Въ обоихъ случаяхъ въ живой протоплазмѣ содержатся вещества, способныя производить эти химическія реакціи. Вещества эти называются ферментами или энзимами; самый же процессъ отдѣленіемъ или секреціей.

Мы видѣли затѣмъ, что принятая вода съ растворенными въ ней веществами, а также продукты, обр зующіеся при жизненныхъ процессахъ, выдѣляются или поверхностью тѣла, путемъ простой диффузіи, или при помощи сокращающихся вакуолей, или же особыми выдѣлительными органами. Если мы назовемъ этотъ процессъ, въ отличіе отъ отдѣленія или секреціи, выдѣленіемъ или экскреціей, то обнаруживается полная аналогія между фактами,

установленными для отдѣльныхъ клѣтокъ, и сложными процессами такого же рода у кролика (ср. гл. 11 § 10). Экскреты, по большей части, представляютъ собою продукты обмѣна веществъ, продукты разрушенія протоплазмы, образующіеся во время жизни, главнымъ образомъ путемъ окисленія. Для организма они уже безполезны; при накопленіи же дѣлаются вредными. Напротивъ, секреты, если даже они, какъ это наблюдается у бактерій, проявляютъ свое дѣйствіе только внѣ организма, имѣютъ для него существенное значеніе или въ дѣлѣ питанія или какимъ нибудь другимъ образомъ *).

Если при дифференцировкѣ клѣтокъ способность секреціи или экскреціи въ однихъ изъ нихъ повышается, какъ это наблюдается и по отношенію къ другимъ свойствамъ клѣтокъ, причемъ другія жизненныя свойства ихъ угнетаются, то такимъ образомъ возникаютъ железистыя клѣтки и составленныя изъ нихъ секреторные или экскреторные органы, называемые железами.

Жгучіе волоски крапивы представляютъ одноклѣточныя железы (рис. 71). Длинная волосовидная клѣтка, стѣнки которой объизвествлены, а верхушка заключаетъ въ себѣ кремнеземъ, сидитъ на многоклѣточномъ ложѣ, и содержитъ сильно жгучій сокъ. Если волосокъ приходитъ въ соприкосновеніе съ кожей животнаго, то головка ломается въ самомъ тонкомъ мѣстѣ, острая верхушка проникаетъ въ кожу, и содержимое клѣтки изливается въ рану. Эти жгучіе волоски напоминаютъ крапивныя нити, съ которыми мы познакомились у книдарій (см. выше, § 6).

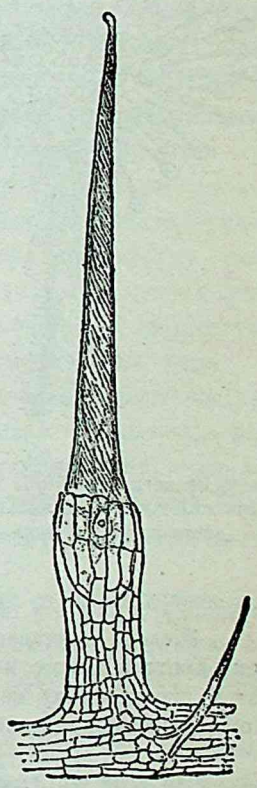


Рис. 71.
Жгучій волосокъ Urtica dioica. На столбикѣ, образованномъ изъ узкихъ клѣтокъ эпидермиса, стоитъ жгучій волосокъ, состоящій изъ одной клѣтки съ окремнѣлой головкой, ломающейся при соприкосновеніи, причемъ выдѣляется жгучее содержимое волоска.

Другія железы у растеній отдѣляютъ смолы, слизь, камедь и т. д., изливающіяся частью во внутреннія вмѣстилища и межклѣточныя пространства, частью на поверхность; нектарники отдѣляютъ сахарные растворы, служащіе приманкой для насѣкомыхъ, способствующихъ опыленію; у другихъ растеній той же цѣли служатъ испускаемые ими ароматы и т. д. Заслуживаютъ особаго упоминанія пищеварительные ферменты, отдѣляемые железами растеній и способные, подобно ферментамъ животныхъ, переваривать протеиновыя тѣла, маленькихъ животныхъ и т. д. Къ такимъ насѣкомоядным растеніямъ принадлежатъ дрозеровыя, мухоловки и многіе роды Nepenthes и Sarracenia. У росянокъ (Drosera rotundifolia), растущихъ на торфяныхъ болотахъ, на ихъ круглыхъ листьяхъ находятся въ большомъ числѣ щупальца (рис. 72), отдѣляющія на своемъ вздутомъ концѣ клейкую жидкость, которою легко захватываются мухи, бабочки и т. д. Щупальца при этомъ загибаются къ серединѣ листа, самъ листъ дѣлается вогнутымъ, и захваченное насѣкомое переваривается отдѣляемымъ секретомъ, содержащимъ ферментъ и муравьиную кислоту; образовавшіеся пептоны всасываются. Также устроено у Dionaea; у родовъ же Nepenthes и Sarracenia насѣкомыя захватываются кувшинообразными листьями, какъ бы ловушкой, и перевариваются собирающеюся на днѣ кувшина и содержащею ферментъ жидкостью.

Способность производить протеолитическіе и амилолитическіе ферменты или энзимы принадлежитъ, собственно говоря, всей растительной протоплазмѣ. Благодаря ей, протеины и нерастворимые углеводы, отложенные въ отдѣльныхъ мѣстахъ, превращаются въ раство-

*) Въ качествѣ примѣра можно напомнить здѣсь о змѣиномъ ядѣ или о секретѣ вонючки (Mephitis mesomelas), которымъ она отгоняетъ своихъ враговъ. Ср. также сказанное въ гл. 11 § 10.

римыя тѣла, такъ что они могутъ попадать въ токи соковъ и быть использованы въ другихъ мѣстахъ. Относительно этого позднѣе будетъ сказано подробнѣе.

Значительное развитіе железъ всякаго рода встрѣчается у животныхъ, у которыхъ онѣ служатъ отчасти цѣлямъ пищеваренія, отчасти, въ видѣ выдѣлительныхъ железъ, исполняютъ другія функціи. И у животныхъ можно различать одно- и многоклѣточныя железы. Первыя встрѣчаются въ слизистыхъ оболочкахъ, рѣже въ кожѣ, между эпителіальными клѣтками. Ихъ содержимое превращается иногда совершенно или почти совершенно въ секретъ, который выталкивается цѣликомъ, причемъ клѣтка погибаетъ. Или же происходитъ постоянное превращеніе съ одновременнымъ возстановленіемъ протоплазмы, такъ что клѣтка продолжаетъ существовать, какъ таковая. Въ многоклѣточныхъ железахъ клѣтки лежатъ въ углубленіи или вдавленіи поверхности органа, будучи окружены собственной оболочкой, замкнутой съ нижняго конца и открытъ сверху. Замкнутый конецъ железы называется основаніемъ или дномъ ея, остальная часть, состоящая изъ специфическихъ железистыхъ клѣтокъ, тѣломъ, а открытый конецъ выводнымъ ходомъ, послѣдній отграничивается иногда отъ тѣла железы съуженіемъ, шейкой. Шейка железы и выводной ходъ одѣты эпителіемъ, состоящимъ по большей части изъ одного слоя кубическихъ или цилиндрическихъ клѣтокъ. Если железа лежитъ далеко отъ поверхности, то выводной протокъ можетъ имѣть значительную длину.

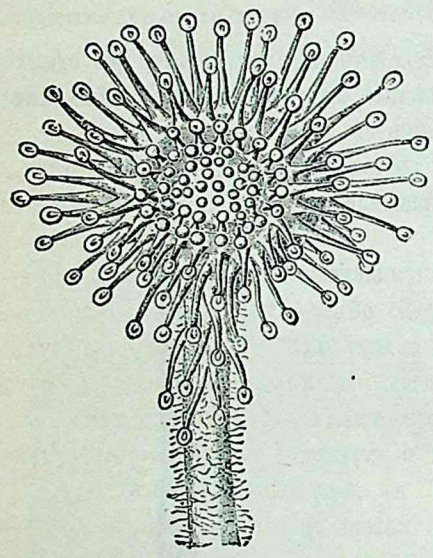


Рис. 72.
Листъ Drosera rotundifolia съ стебельчатыми железами, отдѣляющими клейкія и растворяющія бѣлокъ капельки.

Железы, доставляющія обильный секретъ, нуждаются для приготовленія его въ достаточномъ притокѣ сырого матеріала. У высшихъ животныхъ послѣдній доставляется узкопетлистою сѣтью кровеносныхъ капилляровъ, распространяющеюся по поверхности основной перепонки. Поверхность соприкосновенія сосудовъ и железистыхъ клѣтокъ, отдѣленныхъ другъ отъ друга только

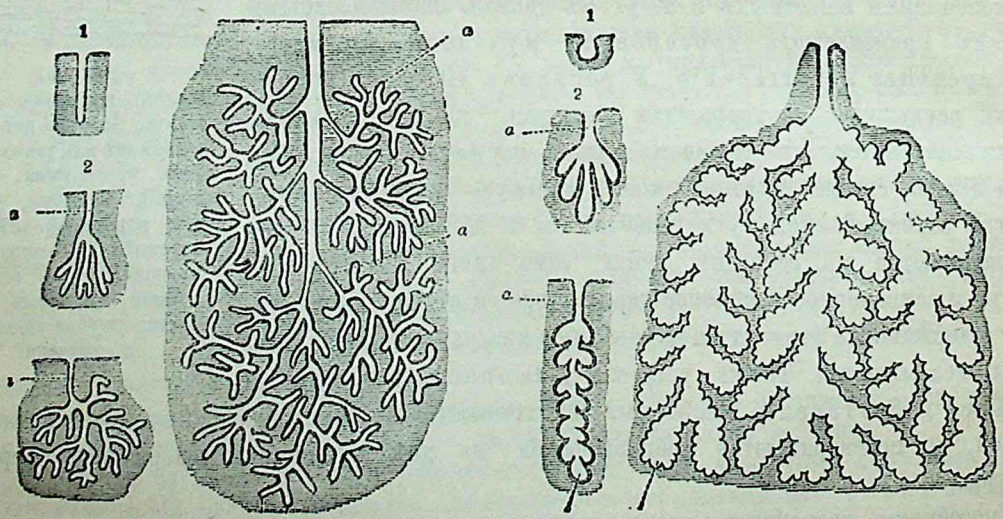


Рис. 73.
Схема различной формы железъ. Съ лѣвой стороны представлены тубулезныя или трубчатыя железы, съ правой ацинозныя или альвеолярныя. Онѣ развиваются изъ простыхъ формъ 1 и 2, путемъ повторнаго развѣтвленія. *a*—выводной протокъ.

очень нѣжной перепонкой, у большихъ железъ увеличивается при помощи различныхъ средствъ. Или простая железистая трубка очень длинна и иногда свернута въ клубокъ, или же трубка

раздѣлена на двѣ или больше вѣтвей. Если дно железы шарообразно расширено, то такая железа называется колбообразной. Когда это въ то же время связано съ развѣтвленіемъ выводного протока, тогда шарообразныя основанія сидятъ на вѣтвяхъ его, какъ ягоды на виноградной кисти. Поэтому такія железы называются гроздевидными, ацинозными или также дольчатыми (альвеолярными), такъ какъ отдѣльныя ягоды, принадлежащія къ одной и той же боковой вѣтви, образуютъ маленькія дольки. Въ отличіе отъ нихъ другія железы называются тубулезными или трубчатыми. На рис. 73 стр. 222 представлено схематически происхожденіе различныхъ железъ.

13. Различныя степени раздѣленія труда. Изъ тканей строятся органы, а изъ нихъ цѣлые организмы многоклѣточныхъ живыхъ существъ. Въ каждомъ органѣ обыкновенно преобладаетъ одна какая нибудь ткань, ей и обязанъ органъ своими особыми свойствами. Вслѣдствіе различныхъ ступеней развитія органовъ и рода ихъ соединенія наблюдается неисчислимое разнообразіе различныхъ организмовъ, встрѣчаемыхъ нами во всемъ живомъ мірѣ. Нѣкоторые органы у отдѣльныхъ группъ живыхъ существъ остаются на низкой ступени развитія или подвергаются въ теченіе жизни обратному развитію; другіе же органы, напротивъ, достигаютъ болѣе высокаго развитія. Если это у отдѣльныхъ индивидуумовъ одного и того же вида происходитъ различнымъ образомъ, то каждый индивидуумъ самъ по себѣ не можетъ быть болѣе полнымъ выразителемъ типа своего вида; только путемъ сопоставленія многихъ индивидуумовъ, изъ которыхъ нѣкоторые обладаютъ органами, отсутствующими у другихъ, получается представленіе о всѣхъ признакахъ, свойственныхъ виду.

Чаще всего встрѣчается это одностороннее развитіе среди органовъ размноженія; оно приводитъ къ установленію двухъ половъ, какъ это обыкновенно бываетъ у высшихъ животныхъ; у низшихъ же или нѣтъ почти никакого полового дифференцированія, или же обѣ половыя функціи могутъ быть соединены въ одномъ индивидуумѣ. Тамъ, гдѣ полы различны, весьма часто у обоихъ половъ, кромѣ половыхъ воспроизводительныхъ органовъ, и другіе органы неодинаково развиты.

Тогда рядомъ съ собственно половыми различіями встрѣчаются и другія въ болѣе или менѣе выраженномъ видѣ, такъ называемые вторичные половые признаки. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ различіе можетъ идти такъ далеко, что оба пола дѣлаются совершенно несхожими другъ съ другомъ.

Въ другомъ случаѣ недоразвитіе отдѣльныхъ органовъ ведетъ къ тому, что раздѣленіе труда между различными индивидуумами достигаетъ высокой степени. Послѣдніе тогда относятся другъ къ другу подобно органамъ одного и того же индивидуума. Они при совмѣстной только жизни могутъ удовлетворить всѣмъ условіямъ существованія. Если при этомъ индивидуумы вполнѣ отдѣлены, такъ что каждый обладаетъ полною самостоятельною подвижностью, то возникаютъ сообщества, которыя, вслѣдствіе ихъ сходства съ людскими обществами, называются государствами животныхъ. Рѣзко выраженными примѣрами такого рода являются государства пчелъ, муравьевъ и термитовъ. У одной части этихъ животныхъ половыя функціи, вслѣдствіе недоразвитія половыхъ органовъ, отсутствуютъ. У пчелъ и муравьевъ этотъ жребій выпадаетъ только на долю самокъ, у термитовъ также и на долю самцевъ. Они должны заботиться въ обществѣ о собираніи пищи, выкармливаніи личинокъ, постройкѣ гнѣздъ и т. д. У пчелъ эти особи называются работницами; у термитовъ существуютъ, кромѣ того, работники. Такъ какъ часть ихъ исключительно занимается защитой отъ враговъ, то они образуютъ особое «сословіе» «солдатъ». Задача же размноженія падаетъ на привилегированную самку, царицу (матку), которая въ качествѣ членовъ своего двора имѣетъ или многихъ трутней или одного привилегированнаго самца.

Но если отдѣльныя особи такъ соединены между собою, что они или заключены въ общую оболочку или связаны какъ-нибудь иначе, такъ что ихъ свободная подвижность болѣе или менѣе ограничена, то мы имѣемъ здѣсь дѣло, согласно уже употребленнаго нами раньше обозначенія, съ колоніей. Если отдѣльные члены подобной колоніи значительно от-

личаются другъ отъ друга, такъ что каждый изъ нихъ несетъ только часть отправленій, необходимыхъ для поддержанія жизни, то подобное сообщество называется полиморфной колоніей (Tierstock). Отдѣльныя особи такой колоніи сдѣлались какъ бы органами цѣлаго. Съ перваго взгляда можетъ показаться, какъ будто полиморфная колонія сложный организмъ, а отдѣльныя особи ея какъ будто настоящіе органы. Но точное изслѣдованіе жизненныхъ процессовъ и развитія такихъ живыхъ существъ показываетъ, что въ дѣйствительности дѣло идетъ о соединеніи индивидуумовъ или особей въ колонію, въ которой раздѣленіе труда между индивидуумами достигло очень высокой степени и, соотвѣтственно этому, развитіе индивидуумовъ получило одностороннее направленіе. Начало такого различнаго развитія мы видѣли уже у *Volvox* (ср. гл. 12, § 11). Много яснѣе мы видимъ это у гидромедузъ; полиморфная колонія подобнаго рода какъ, напр., представленная на рис. 74 Campanularia, состоитъ изъ безполыхъ полиповъ и половыхъ особей или медузъ.

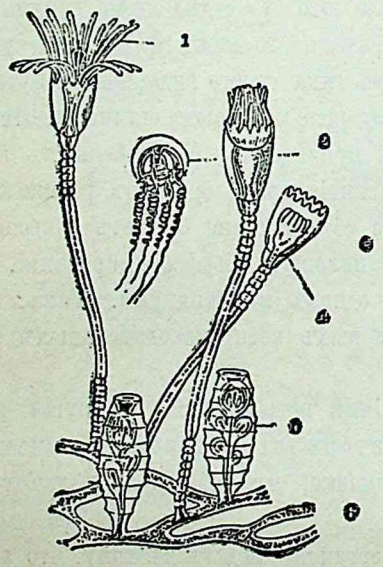


Рис. 74.

Campanularia Johnstoni, гидромедуза, образующая колонію. Отдѣльныя особи колоніи, такъ называемые гидранты, сидятъ своими стеблями на развѣтвленномъ общемъ стволѣ (6). Стебли и стволъ—полыя трубки, образованныя изъ энтодермы, поддерживающей пластинки и эктодермы; при посредствѣ этихъ трубокъ пища, принятая гидрантами, распространяется по всѣмъ частямъ колоніи. 1—вытянутый гидрантъ съ щупальцами, расположенными вокругъ ротового отверстія. 3—гидрантъ, втянувшійся въ кутикулярную чашечку (4); 5—особаго рода особи, служащія для размноженія; на нихъ путемъ почкованія образуются свободно плавающія медузы (2), особи, въ которыхъ развиваются половые продукты.

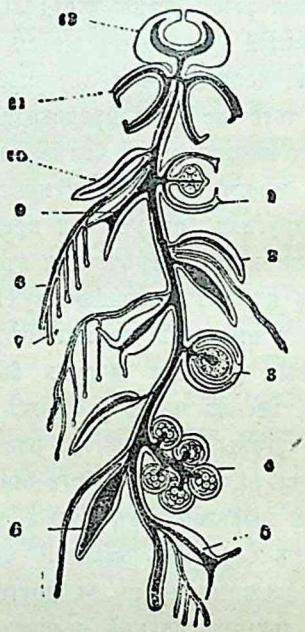


Рис. 75.

Схема колоніи сифонофоръ. 1, 3, 4—половыя особи; 2, 10—покровная пластинка; 5, 9 — питательный полипъ; 6 – щупальцевый полипъ, 7 – нити съ стрекательными капсулами; 8—щупальца; 11—плавательный колоколъ; 12 — плавательный пузырь (пнейматофоръ).

Первыя кормятъ послѣднихъ такимъ образомъ, что принятая и переваренная полипами пища доставляется медузамъ по развѣтвленнымъ каналамъ. Позднѣе медузы отдѣляются и нѣкоторое время свободно плаваютъ, производя половые продукты; яйца медузъ даютъ потомъ начало новымъ колоніямъ полиповъ, изъ которыхъ путемъ почкованія снова происходятъ медузы. Этотъ своеобразный родъ размноженія называется чередованіемъ поколѣній; онъ встрѣчается у низшихъ животныхъ и весьма часто у растеній. Здѣсь мы не будемъ вдаваться въ подробности, такъ какъ намъ нужно только указать на то, что полиморфная колонія состоитъ изъ двоякаго рода индивидуумовъ различнаго вида и съ различными отправленіями.

Дифференцированіе особей еще дальше проведено у сифонофоръ. На рис. 75 схе-

матически изображена колонія сифонофоръ; рис. 76 показываетъ видъ такой колоніи съ ея особями, различнаго рода и приспособленными къ различнымъ отправленіямъ. Общая пищеварительная трубка проходитъ черезъ всю колонію, которая плаваетъ въ водѣ, будучи поддерживаема находящимся на верхнемъ концѣ воздушнымъ пузыремъ. Плавающіе колокола производятъ передвиженіе вбираніемъ и выталкиваніемъ воды. Принятіе пищи происходитъ при помощи питательныхъ полиповъ, которымъ пища приносится посредствомъ нитей, снабженныхъ стрекательными клѣтками: переваренная ими пища черезъ посредство общей пищеварительной трубки доставляется всѣмъ остальнымъ особямъ. Ощущеніе внѣшнихъ предметовъ обусловливается щупальцами, размноженіе отдѣльными мужскими и женскими половыми животными. Всѣ эти отдѣльныя животныя представляютъ собою измѣненія одной и той же основной формы, они путемъ дифференцированія приспособились къ различнымъ отправленіямъ, подобно тому, какъ это наблюдается у высшихъ животныхъ по отношенію къ отдѣльнымъ органамъ. Но все таки, по своей организаціи, они остались цѣлыми животными, хотя несовершенно и односторонне развитыми. Поэтому они могутъ, будучи даже отдѣлены отъ общаго ствола, продолжать жить болѣе или менѣе долгое время и, при подходящихъ условіяхъ, производить новую колонію. Возможность этого обусловливается тѣмъ, что всѣ ткани, входящія въ составъ такого животнаго, существуютъ въ каждой его части. У полиповъ такихъ тканей на самомъ дѣлѣ только двѣ, экто- и энтодерма, они отдѣлены другъ отъ друга тонкой, безструктурной поддерживающей перепонкой. У высшихъ организмовъ, строеніе которыхъ сложнѣе, гораздо рѣже встрѣчаются части, которыя бы заключали всѣ элементы, необходимые для поддержанія жизни. Однако, и у нихъ отдѣленные органы или даже части ихъ могутъ болѣе или менѣе долгое время сохранить и жизненныя свойства свои, и, при подходящихъ условіяхъ, давать начало цѣлому организму.

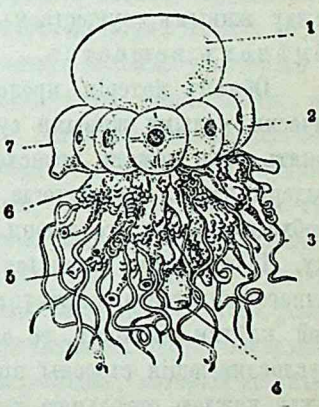


Рис 76.
Сифонофора *Stephalia corona*. Раздѣленіе труда между отдѣльными особями колоніи привело къ рѣзкому полиморфизму, но все-таки можно привести отдѣльные члены колоніи къ основному типу полипа 1—пнейматофоръ; 2—плавательные колокола; 3—щупальца; 4—отверстіе главнаго желудочнаго мѣшка; 5—питательные полипы; 6—кисти гонофоръ; 7—воздушный каналъ, открывающійся въ пнейматофоръ.

Легче всего это происходитъ у отдѣленныхъ частей растеній. Даже высшія растенія во многихъ частяхъ могутъ быть разсматриваемы, какъ соединеніе многочисленныхъ отдѣльныхъ индивидуумовъ, хотя эти не такъ обособлены, какъ индивидуумы или особи выше описанныхъ животныхъ колоній. Поэтому раздѣленіе можетъ происходить въ различныхъ мѣстахъ; оно не связано съ опредѣленными границами. Отрѣзанная вѣтвь, отдѣльный цвѣтокъ съ его стеблемъ, будучи поставлены въ воду и воспринимая ее и растворенныя въ ней вещества, могутъ оставаться живыми. При извѣстныхъ условіяхъ они, будучи воткнуты въ землю, пускаютъ ростки и преобразуются въ цѣлое новое растеніе.

ЧЕТЫРНАДЦАТАЯ ГЛАВА.

Обмѣнъ веществъ у организмовъ.

I. Дыханіе и кровообращеніе.

1. Обмѣнъ веществъ. Подъ именемъ дифференцированія мы познакомились съ такими процессами, благодаря которымъ, при развитіи какого-либо организма, клѣтки его, происходящія отъ одной общей материнской и являющіяся первоначально одинаковыми,

претерпѣваютъ превращенія различнаго характера, что̀ ведетъ къ образованію тканей и органовъ организма. Откуда проистекаетъ то, что развитіе это у различныхъ живыхъ существъ происходитъ чрезвычайно различнымъ образомъ, у каждаго же отдѣльнаго вида идетъ однимъ и тѣмъ же путемъ; почему изъ одного яйца развивается дубъ, изъ другого—ужъ или орелъ, все это такіе вопросы, которые мы должны пока оставить безъ отвѣта. Примемъ существованіе всѣхъ этихъ разнообразныхъ, намъ извѣстныхъ живыхъ существъ за данный фактъ. Мы займемся сначала изслѣдованіемъ, какія свойства являются общими всѣмъ живымъ существамъ и какъ эти свойства видоизмѣняются въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ, въ зависимости отъ особенностей организаціи даннаго живого существа, съ одной стороны, и отъ условій, при которыхъ это послѣднее живетъ,—съ другой. Изъ всего того, съ чѣмъ мы до сихъ поръ ознакомились, мы можемъ сдѣлать слѣдующія заключенія. Матерія, изъ которой состоитъ то или другое живое существо, безпрерывно претерпѣваетъ рядъ химическихъ превращеній, въ особенности подъ вліяніемъ дѣйствія кислорода, и въ извѣстной своей части постоянно разрушается; она должна непрерывно возобновляться, чтобы жизнь животнаго могла продолжаться. Необходимъ слѣдовательно, вещественный обмѣнъ между живымъ еществомъ и окружающею его средою. Этотъ процессъ мы называемъ обмѣномъ веществъ.

Обмѣнъ матеріи, происходящій между одноклѣточными, живущими въ водѣ, микроскопически малыми живыми существами и окружающею ихъ средою, можно сравнительно легко понять. Онъ можетъ происходить здѣсь непосредственно и жизнь даннаго организма будетъ поддерживаться только тогда, если окружающая его среда въ состояніи доставлять ему вещества, необходимыя для его жизни, и воспринимать отдаваемыя организмомъ, какъ уже ненужныя ему. Но отношеніе останется, въ сущности тоже, если мы представимъ себѣ, вмѣсто одноклѣточнаго животнаго, клѣтку сложнаго живого существа, и будемъ считать внѣшнею средою этой клѣтки жидкость, ее омывающую. Только здѣсь мы должны различать двѣ, взаимно обусловливающія стороны процессовъ обмѣна, а именно: во-первыхъ, обмѣнъ, происходящій между каждою отдѣльною клѣткою и окружающею ее средою; и, во-вторыхъ, обмѣнъ, совершающійся между цѣлымъ организмомъ и внѣшнею средою. Вѣдь все то, что каждая клѣтка беретъ изъ жидкости, омывающей ее непосредственно, или выдѣляетъ въ нее, должно, чтобы жизнь цѣлаго организма могла продолжаться, быть получаемо изъ окружающей цѣлый организмъ среды, или быть отдаваемо въ нее.

Принятіе воды и растворенныхъ въ ней веществъ, въ томъ числѣ и кислорода, равно какъ и выдѣленіе растворимыхъ продуктовъ и абсорбированной углекислоты происходитъ у одноклѣточныхъ, живущихъ въ водѣ, путемъ диффузіи, происходящей на поверхности ихъ тѣла. Какъ скоро давленіе кислорода внутри тѣла одноклѣточнаго организма сдѣлается меньше давленія этого газа въ окружающей средѣ, тотчасъ долженъ совершиться переходъ кислорода изъ внѣшней среды въ тѣло; но такъ какъ кислородъ при этомъ вступаетъ тотчасъ въ соединеніе съ другими веществами, то указанная разница въ давленіяхъ этого газа постоянно поддерживается, такъ что переходъ кислорода изъ внѣшней среды въ тѣло одноклѣточнаго продолжается непрерывно до тѣхъ поръ, пока эта среда, въ данномъ случаѣ вода, содержитъ этотъ газъ въ достаточномъ количествѣ. Въ силу тѣхъ же причинъ образующаяся угольная кислота должна непрерывно диффундировать въ окружающую воду. Подобнымъ же образомъ совершается непрерывная диффузія растворенныхъ веществъ изъ воды въ тѣло клѣтки, а изъ него диффузія продуктовъ распада въ окружающую воду. Итакъ, пока вода, въ которой живетъ данное простѣйшее существо, содержитъ поглощеннаго кислорода и веществъ, необходимыхъ для питанія, въ достаточныхъ количествахъ; и пока въ ней не накопится слишкомъ много тѣхъ или другихъ продуктовъ, выдѣленныхъ даннымъ организмомъ, до тѣхъ поръ условія, необходимыя для правильнаго хода обмѣна веществъ, существуютъ на лицо.

Все это имѣется также тогда, когда простые организмы живутъ на влажной почвѣ. Такъ какъ въ этомъ случаѣ они пополняютъ свои потери воды, обусловленныя испареніемъ ея въ окружающій воздухъ, водою той почвы, на которой они живутъ, то воды въ нихъ остается всегда достаточно для того, чтобы воспринятіе ими кислорода изъ окружающаго воздуха и отдача углекислоты въ этотъ послѣдній могла совершаться безпрепятственно путемъ диффузіи, равно какъ и воспринятіе растворенныхъ питательныхъ веществъ изъ почвенной воды и выдѣленіе въ эту послѣднюю продуктовъ ихъ жизнедѣятельности. Въ подобныхъ условіяхъ жизни находятся многія бактеріи, слизистые грибы, плѣсени и пр.

Иначе происходитъ поступленіе твердыхъ, нерастворенныхъ веществъ. Оно совершается или благодаря сокращеніямъ протоплазмы любыхъ мѣстахъ поверхности тѣла животнаго, какъ у амебъ, или, если такія сокращенія, вслѣдствіе существованія у даннаго животнаго кутикулярной оболочки, не могутъ служить для этой цѣли, то черезъ особыя входныя и выходныя отверстія, которыя называются ртомъ и заднепроходнымъ отверстіемъ.

2. Увеличеніе поверхности. Обмѣнъ веществъ между какимъ-либо организмомъ и окружающею его средою происходитъ тѣмъ легче, чѣмъ больше поверхность даннаго организма по отношенію къ его массѣ. Это отношеніе зависитъ отъ геометрической формы тѣла и отъ его абсолютной величины. Между всѣми тѣлами шаръ является такимъ тѣломъ, у котораго это отношеніе представляется наименьшимъ; вытянутыя по плоскости тѣла, тонкія нити, пластинки и т. п. имѣютъ относительно большія, а вѣтвистыя или лапчатыя формы еще бо́льшія поверхности, по отношенію къ ихъ массѣ. У тѣла, имѣющаго геометрически правильную форму, поверхность по отношенію къ массѣ тѣмъ больше, чѣмъ меньше само тѣло. Такъ какъ при большей массѣ обмѣнъ веществъ, при одинаковыхъ прочихъ условіяхъ, становится бо́льшимъ, то соотвѣтственное увеличеніе поверхности тѣла является у многихъ живыхъ существъ однимъ изъ необходимыхъ условій жизни. При наличности этого условія даже у крупныхъ организмовъ обмѣнъ можетъ происходить исключительно черезъ поверхность ихъ тѣла. Примѣромъ этого служатъ нѣкоторыя большія водныя растенія, которыя не имѣютъ никакихъ особенныхъ органовъ для принятія пищи и выдѣленія тѣхъ или другихъ продуктовъ ихъ жизнедѣятельности. Относительно большая поверхность ихъ обусловливается—плоской ихъ формой, будучи еще часто увеличена обильными развѣтвленіями.

Другой, особенно распространенный въ животномъ царствѣ способъ увеличенія поверхности тѣла, это образованіе полаго мѣшка; къ этому присоединяются еще впячиванія и выпячиванія стѣнокъ послѣдняго, благодаря чему поверхность его еще болѣе увеличивается. Подобная форма встрѣчается у многихъ Metazoa, какъ переходная, эмбріональная стадія и какъ таковая была уже упомянута въ гл. 13, § 10, подъ именемъ *гаструлы*. Въ этомъ случаѣ тѣло животнаго слагается изъ двухъ слоевъ. Въ простѣйшихъ случаяхъ каждый изъ этихъ слоевъ состоитъ только изъ одного рода клѣтокъ. У низшихъ Metazoa (губокъ, гидромедузъ) развитіе животнаго останавливается въ существенныхъ чертахъ, на этой ступени. Но и у этихъ простыхъ формъ можно, однако, открыть морфологическую дифференцировку въ этихъ слояхъ, клѣтки ихъ развиваются различнымъ образомъ и скоро уклоняются другъ отъ друга, какъ по формѣ, такъ и по величинѣ. Такой дифференцировкѣ соотвѣтствуетъ раздѣленіе физіологической работы; а именно, послѣ того, какъ оба слоя достигаютъ полнаго развитія, внѣшній, эктодерма, пріобрѣтаетъ бо́льшую крѣпость и обезпечиваетъ животному защиту отъ механическихъ и другихъ какихъ-либо вредныхъ внѣшнихъ вліяній; внутренній же, энтодерма, остается нѣжнымъ и служитъ преимущественно процессамъ обмѣна веществъ. На высшихъ ступеняхъ дифференцированія, между обоими указанными слоями, внѣдряется еще третій, мезодерма. Всѣ высшія животныя проходятъ при своемъ развитіи черезъ такую стадію, во время которой они являются состоящими только изъ этихъ трехъ слоевъ. Изъ нихъ развиваются впослѣдствіи различныя ткани и органы.

Первоначальное впячиваніе, какъ оно встрѣчается у гаструлы, ведетъ къ образованію

слѣпого, т.-е. замкнутаго на одномъ концѣ мѣшка. Раздѣльныя входное и выходное отверстія кишечнаго канала высшихъ животныхъ представляются вторичными образованіями, возникающими независимо отъ указаннаго впячиванія.

Вторымъ средствомъ, способствующимъ обмѣну веществъ, служитъ измѣненіе формы поверхности соприкосновенія живыхъ существъ съ окружающеюихъ средою. Когда амеба измѣняетъ форму своего тѣла, то этимъ не только увеличивается поверхность животнаго, вслѣдствіе образованія плоскихъ отростковъ, но происходитъ еще приближеніе болѣе центральныхъ частей ея протоплазмы къ поверхности тѣла. Такія постоянныя измѣненія поверхности должны способствовать диффузіоннымъ процессамъ. Въ томъ же направленіи дѣйствуетъ всякое перемѣщеніе животнаго, а также движеніе окружающей его воды, вызванное или мерцаніемъ рѣсничекъ или мускульными сокращеніями, благодаря тому, что вода, измѣненная отдачей однихъ веществъ животному, и полученіемъ другихъ отъ него, замѣщается свѣжею, вслѣдствіе чего диффузіонный обмѣнъ не можетъ ослабѣть. Съ примѣрами, относящимися сюда, мы ознакомились уже въ предшествовавшей главѣ.

Прочность внѣшней оболочки нерѣдко увеличивается отложеніемъ въ ней известковыхъ солей или образованіемъ твердыхъ раковинъ; у наземныхъ животныхъ также благодаря утолщенію, высыханію и ороговѣнію наружныхъ ея слоевъ; вмѣстѣ съ этимъ, участіе, принимаемое ею въ общемъ обмѣнѣ веществъ, сокращается. Напротивъ, доля участія внутренней оболочки въ процессѣ обмѣна существенно повышается, благодаря удлиненію пищевой трубки, ея развѣтвленію, складкамъ и т. д., черезъ что поверхность, преимущественно служащая для процессовъ обмѣна, по отношенію къ массѣ тѣла сильно увеличивается. Если ко всему этому присоединяется еще вышеуказанное движеніе воды, то обмѣнъ можетъ совершаться въ надлежащей степени, даже при значительной величинѣ животнаго. Вспомогательныя приспособленія этого рода, встрѣчающіяся также и у простѣйшихъ, были упомянуты уже въ предыдущей главѣ. Примѣры другихъ, болѣе сложныхъ приспособленій будутъ указаны въ слѣдующихъ параграфахъ на нѣкоторыхъ типичныхъ примѣрахъ.

3. Желудочно-сосудистая система. Начнемъ разсмотрѣніе этихъ особыхъ приспособленій съ низшихъ Metazoa, именно съ *Coelenterata* (кишечно-полостныхъ). Мы можемъ сравнивать этихъ животныхъ, какъ было уже сказано, съ гаструлой, встрѣчаемой у высшихъ, какъ переходная стадія развитія, а у данныхъ являющейся окончательной формою. Кишечно-полостныя имѣютъ эктодерму и энтодерму; послѣдняя, образовавшись путемъ впячиванія, ограничиваетъ собою внутреннюю полость (желудочно-кишечную), сообщающуюся съ внѣшнею средою однимъ отверстіемъ. Заднепроходнаго отверстія нѣтъ. У наиболѣе простыхъ, по организаціи, кишечно-полостныхъ, именно у губокъ (*Spongiae*), стѣнка тѣла, состоящая изъ двухъ слоевъ, является прободенною многочисленными каналами, впадающими въ желудочно-кишечную полость. Смотря по развитію этихъ каналовъ, можно различать тѣ или другія формы губокъ. У простѣйшихъ изъ нихъ, у *Asconidae* (рис. 77 A), каналы впадаютъ непосредственно во внутреннюю полость, выстланную рѣсничками или жгутиками; благодаря движенію этихъ послѣднихъ вода, окружающая животное, проникаетъ въ желудочно-кишечную полость, откуда она изливается наружу черезъ ротовое отверстіе. У другихъ, *Syconidae* (рис. 77 B), каналы открываются въ особыя полости, заложенныя въ стѣнкахъ тѣла животнаго и выстланныя внутри жгутиками,—такъ называемыя жгутиковыя камеры; только черезъ нихъ вода можетъ проникнуть въ желудочно-кишечную полость.

Отъ этихъ простыхъ формъ можно произвести формы другихъ губокъ, если представить себѣ внутреннюю полость ихъ сильно развѣтвившеюся. Каналы внутри выстланы плоскими клѣтками, не имѣющими жгутиковъ; расширенныя же жгутиковыя камеры, напротивъ, имѣютъ то же самое строеніе, какъ и вся энтодермальная полость простой губки. У другихъ кишечно-полостныхъ (*Cnidaria*) стѣнки тѣла не имѣютъ отверстій; вода поступаетъ въ ихъ желудочно-кишечную полость черезъ ротовое отверстіе, черезъ которое она и вы-

ходитъ наружу. Передвиженіе воды совершается у этихъ животныхъ не только вслѣдствіе движенія рѣсничекъ или жгутиковъ, но и въ силу сокращенія тѣхъ или другихъ мышцъ тѣла животнаго. Поверхность желудочно-кишечной полости у многихъ кишечно-полостныхъ значительно увеличивается, благодаря развитію сильно вѣтвящихся ходовъ; этимъ достигается то, что диффузіонные процессы могутъ совершаться у этихъ животныхъ интенсивнѣйшимъ образомъ.

Такая система полостей и каналовъ называется гастроваскулярною (желудочно-сосудистою) системою, такъ какъ означенная внутренняя полость, выстланная энтодермою функціонирующая подобно желудочно-кишечному каналу и обусловливающая процессъ обмѣна, даетъ развѣтвленія, подобныя развѣтвленіямъ кровеносной системы у другихъ животныхъ. Что и у животныхъ, принадлежащихъ къ вышестоящимъ въ зоологической системѣ группамъ, процессъ обмѣна можетъ происходить подобнымъ же образомъ, это показываетъ, напримѣръ, *Planaria* (рис. 78), относящаяся къ рѣсничнымъ червямъ (*Turbellaria*). Вода черезъ ротовое отверстіе поступаетъ въ глотку, оттуда она переходитъ въ желудочно-кишечную полость, пронизывающую своими развѣтвленіями все тѣло животнаго *).

Ротовое отверстіе служитъ одновременно и для выдѣленія той воды, которая отдала уже въ желудочно-кишечной полости свой кислородъ и свои питательныя вещества и приняла часть продуктовъ распада. Движеніе воды поддерживается дѣятельностью жгутиковъ, а также и благодаря сокращеніямъ мышцъ, заложенныхъ въ стѣнкахъ тѣла животнаго.

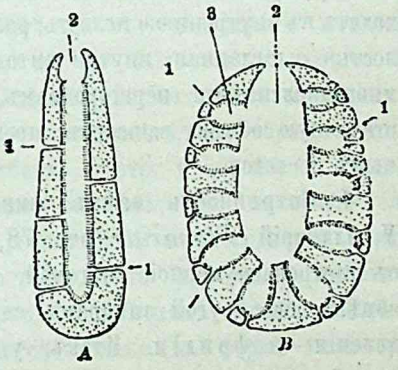


Рис. 77.
Основныя формы губокъ. *A* – типъ асконидъ; *B* — типъ сиконидъ. У типа асконидъ внутренняя полость выстлана рѣсничками; черезъ пористые каналы (1) вода поступаетъ въ полость тѣла, черезъ ротовое отверстіе (2) она выходитъ наружу. У типа сиконидъ вода, проникающая черезъ поры, поступаетъ въ жгутиковыя камеры (3), которыя лежатъ въ толщѣ стѣнокъ; изъ этихъ камеръ она проникаетъ въ центральную полость.

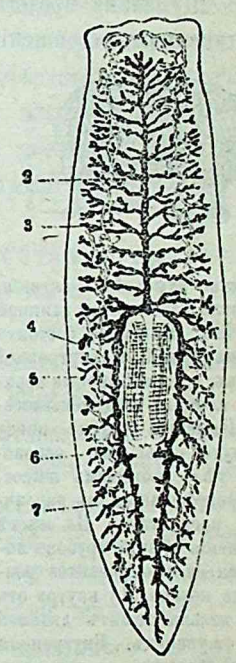


Рис. 78.
Planaria - рѣсничный червь, водящійся въ прѣсныхъ водахъ. Гастроваскулярная система, зачерненная на рисункѣ, идетъ отъ лежащей по срединѣ длины тѣла и выпячивающейся глотки, примыкающей къ ротовому отверстію, и распространяется въ видѣ передняго, непарнаго, и двухъ заднихъ парныхъ, главныхъ стволовъ и ихъ развѣтвленій по всему тѣлу. Канальцы, представленныя свѣтлыми, обозначаютъ выдѣлительные органы. 1 — глазъ; 2 — отверстіе выдѣлительныхъ органовъ; 3 - передній гастроваскулярный каналъ; 4 - - выдѣлительные органы (нефридіи); 5 - - глотка (pharynx); 6 - ротъ; 7 — задніе гастроваскулярные каналы.

Къ Cnidaria принадлежатъ также *Anthozoa* или коралловыя. Отъ *Hydrozoa*, на которыхъ они походятъ по внѣшнему виду, они отличаются существованіемъ мезодермальнаго листка, развивающагося между эктодермою и энтодермою. Они представляютъ собою животныхъ, живущихъ или отдѣльными особями или колоніями, по большей части сидящими на одномъ мѣстѣ; тѣло ихъ имѣетъ, въ главныхъ чертахъ, форму трубки, замкнутой на нижнемъ концѣ и открытой на верхнемъ. Верхній конецъ трубки окружаетъ, какъ край тарелки (ротовой дискъ), входное отверстіе внутренней полости тѣла. Ротовой дискъ несетъ простой или двойной вѣнокъ щупалецъ. Круглое или щеле-

*) Канальцы, видимые на рисункѣ подлѣ гастроваскулярной системы (представленной на рисункѣ зачерненною), представляютъ выдѣлительные органы, нефридіи; о нихъ будетъ рѣчь позже.

образное ротовое отверстіе, находящееся въ центрѣ ротового диска, ведетъ въ глотку, образованную эктодермою и, далѣе, въ желудочно-кишечную полость. Стѣнка тѣла состоитъ изъ трехъ, ясно выраженныхъ слоевъ: экто-, мезо- и энтодермы. У многихъ коралловыхъ полиповъ внутри тѣла образуется твердый известковый скелетъ *). Отъ глотки идутъ въ радіальномъ направленіи перегородки, прикрѣпленныя къ ротовому диску и къ основанію тѣла; онѣ примыкаютъ также и къ наружной стѣнкѣ животнаго. Этими перегородками внутренняя полость дѣлится на отдѣльныя камеры.

Щупальца представляются полыми отростками, полости которыхъ стоятъ въ непосредственномъ сообщеніи съ только-что упомянутыми камерами; водою поступающею въ нихъ, они растягиваются; при сокращеніи ихъ мышечныхъ элементовъ они втягиваются внутрь. Благодаря сильно развитой мускулатурѣ, животное можетъ захватывать своими щупальцами твердыя тѣла, увлекать ихъ въ желудокъ; крѣпко замыкать ротовое отверстіе, равно какъ вбирать въ желудокъ, воду и выталкивать ее вонъ. Изъ глотки, образованной впяченною эктодермою, вода и захваченныя вмѣстѣ съ нею разныя тѣла проходятъ въ внутреннюю полость, раздѣленную перегородками; эта полость, выстланная внутри энтодермою, представляетъ, благодаря многочисленнымъ перегородкамъ, большую поверхность, способствующую обмѣну веществъ, происходящему здѣсь между животнымъ и водою.

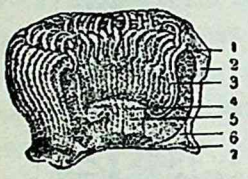


Рис. 79.

Paractis excavata, - актинія, вскрытая параллельно длинной оси тѣла. Животное состоитъ изъ наружной и внутренней трубокъ, которыя своими верхними концами соединены вмѣстѣ. Внѣшняя трубка внизу замкнута подошвою, основаніемъ тѣла, которымъ животное прикрѣпляется къ различнымъ предметамъ. На мѣстѣ соединенія обѣихъ трубокъ находится сильно развитое мышечное кольцо; 1) внутри отъ этого кольца лежитъ двойной рядъ щупалецъ. Внутренняя трубка образуетъ на верхнемъ своемъ концѣ ротовой дискъ 3), на которомъ начинается, окаймленная желобкомъ (4) глоточная трубка, ведущая въ полость тѣла. Между внутренною и внѣшнею трубкою натянуты въ радіальномъ направленіи перегородки (Septa 6), такъ что внутренняя полость животнаго раздѣлена на извѣстное число камеръ, сообщающихся между собою.

4. Потребность всѣхъ живыхъ существъ въ кислородѣ. У планарій *(Planaria)* (рис. 78, стр. 129) мы находимъ рядомъ съ гастроваскулярной системой, совершающей часть процессовъ обмѣна, еще другой аппаратъ, служащій исключительно для выдѣленія—нефридіи. Итакъ, у этихъ животныхъ имѣется еще новый родъ раздѣленія физіологической работы, какого не встрѣчается у протистовъ и кишечно-полостныхъ. Дѣйствительно, задачи обмѣна веществъ столь разнообразны, что онѣ трудно выполнимы для одного и того же органа въ случаѣ, если дѣло идетъ о работѣ въ большихъ размѣрахъ. Именно, у наземныхъ животныхъ, у которыхъ поглощеніе кислорода происходитъ изъ окружающей атмосферы, а не изъ воды, равно какъ и углекислота выдѣляется въ газообразномъ видѣ, является необходимость въ особыхъ органахъ, предназначенныхъ для поглощенія, передвиженія по организму и выдѣленія газовъ, — органахъ, отличныхъ отъ тѣхъ, которые завѣдываютъ поглощеніемъ, передвиженіемъ по организму и отдачей жидкихъ или твердыхъ веществъ. Такимъ путемъ дыханіе, процессъ, обозначающій газовый обмѣнъ, выдѣляется, какъ особенное жизненное явленіе, характерное для высшихъ организмовъ. Процессъ дыханія входитъ въ составъ общаго процесса обмѣна. Этотъ процессъ, какъ и другіе процессы обмѣна, основанъ на диффузіи; но въ дополненіе къ молекулярнымъ движеніямъ диффузіи появляются моларныя движенія (движенія массъ). Молекулрный процессъ вещественнаго обмѣна, происходящій между клѣтками и окружающею жидкостью, путемъ диффузіи, не подлежитъ непосредственному наблюденію, и прослѣдить его на отдѣльныхъ клѣткахъ или на малыхъ живыхъ организмахъ представляется едва возможнымъ; у большихъ же живыхъ существъ массы обмѣниваемыхъ веществъ столь значительны, а органы, завѣ-

*) Благодаря этимъ известковымъ скелетамъ иные кораллы строютъ громадные рифы (коралловые рифы).

дующіе этимъ обмѣномъ, такъ обособлены и такъ легко распознаваемы, что не представляется труднымъ прослѣдить, въ качественномъ и количественномъ отношеніяхъ, различные процессы обмѣна; поэтому-то болѣе точныя изслѣдованія въ этомъ направленіи могутъ производиться только на болѣе значительныхъ, болѣе сложно построенныхъ организмахъ; результаты такихъ наблюденій ведутъ къ пониманію сходныхъ явленій, совершающихся и у простыхъ живыхъ существъ.

Однимъ изъ важнѣйшихъ результатовъ изученія процессовъ обмѣна является установленіе того факта, что непрерывное принятіе кислорода является безусловно необходимымъ для нормальнаго хода жизненныхъ процессовъ. Этому какъ бы противорѣчитъ то, что есть организмы, для произрастанія и размноженія которыхъ свободный кислородъ не необходимъ. Такъ, нѣкоторыя бактеріи даже не могутъ, вообще, жить въ присутствіи свободнаго кислорода; для нихъ свободный кислородъ, который является для жизни большей части живыхъ существъ безусловно необходимымъ, представляется настоящемъ ядомъ.

Такіе организмы называются анаэробными или анаэробіонтами; тѣ, которыя могутъ жить, какъ въ присутствіи свободнаго кислорода, такъ и въ отсутствіи его,—факультативными анаэробами;—всѣ же тѣ, для жизни которыхъ кислородъ безусловно необходимъ, именуются аэробами. Но было бы ошибочно полагать, что жизненные процессы анаэробовъ не сопровождаются поглощеніемъ кислорода и окисленіемъ тѣхъ или другихъ составныхъ частей ихъ организмовъ, съ образованіемъ углекислоты и другихъ продуктовъ обмѣна, какъ это имѣетъ мѣсто у аэробовъ. Различіе между этими послѣдними и первыми состоитъ только въ томъ, что анаэробы способны заимствовать необходимый имъ кислородъ изъ различныхъ кислородныхъ соединеній, дѣлая его свободнымъ и, такимъ образомъ, употребляя его для собственныхъ цѣлей. Такая способность присуща, хотя и въ меньшей степени, клѣткамъ тканей всѣхъ вообще животныхъ, такъ какъ и имъ кислородъ доставляется только въ формѣ химически связаннаго съ другими веществами [1]).

Къ факультативнымъ анаэробамъ можно отнести также и возбудителей алкогольнаго броженія, именно дрожжевые грибки,—грибки рода *Saccharomyces*. Если внести эти грибки въ растворъ, который содержитъ глюкозу, немного бѣлковъ, нѣкоторыя соли, свободный кислородъ, то они размножаются и, одновременно съ этимъ, расщепляютъ сахаръ на спиртъ и углекислоту. Если свободный кислородъ замѣнить кровью, красныя кровяныя тѣльца которой содержатъ кислородъ въ слабомъ соединеніи, то дрожжевые грибки извлекаютъ этотъ кислородъ, такъ что кровь становится темно красною. Если такую жидкость, окрашенную въ темно-красный цвѣтъ, взболтать

---

[1]) Кромѣ углерода, также и другіе элементы, входящіе въ составъ веществъ, образующихъ протоплазму, подвергаются окисленію, именно водородъ, азотъ, сѣра, и фосфоръ. О конечныхъ продуктахъ этого окисленія мы будетъ говорить послѣ. Протоплазма содержитъ, вообще, больше всего углерода и, соотвѣтственно этому, даетъ при процессахъ окисленія главнымъ образомъ углекислоту. Встрѣчаются немногія живыя существа, которыя способны разлагать сѣроводородъ, находящійся въ окружающей ихъ средѣ, съ выдѣленіемъ свободной сѣры, которую они отлагаютъ въ своей протоплазмѣ и которую они окисляютъ въ сѣрную кислоту. Ихъ именуютъ поэтому сѣробактеріями (родъ *Beggiatoa*). Подобнымъ же образомъ желѣзобактеріи (напр. *Crenothrix*, которая, однако, иными авторами причисляется къ водорослямъ) отлагаютъ въ своихъ оболочкахъ окись желѣза, усвоивая ее изъ окружающей ихъ воды, гдѣ она находится въ видѣ закиси. Нитевидныя колоніи этихъ бактерій, окрашенныя въ бурый цвѣтъ, придаютъ той водѣ, гдѣ онѣ развиваются въ большихъ количествахъ, темно-бурый видъ. Къ сѣробактеріямъ принадлежатъ также *Bacterium photometricum*, которая въ своихъ передвиженіяхъ въ высокой степени подчиняется вліянію свѣта. Она содержитъ пурпурово-красный пигментъ, который подобно всѣмъ пигментамъ, встрѣчающимся въ листьяхъ растеній, расщепляетъ на свѣту углекислоту на углеродъ и кислородъ.

съ воздухомъ, то она принимаетъ прежнюю свѣтлую окраску, такъ какъ кровяныя тѣльца поглощаютъ при этомъ взбалтываніи кислородъ воздуха; при спокойномъ стояніи въ замкнутомъ сосудѣ жидкость опять темнѣетъ. При опытахъ такого рода было найдено, что 1 грм. свѣжихъ дрожжей можетъ поглотить въ теченіе одного часа, при температурѣ въ 30 – 36°, отъ 2 до 10 куб. сант. кислорода. Итакъ, въ этомъ случаѣ грибки получаютъ необходимый имъ кислородъ изъ легко возстановляемаго соединенія, а именно оксигемоглобина, совершенно такимъ же образомъ, какъ клѣтки какого-либо позвоночнаго животнаго получаютъ кислородъ также только при посредствѣ крови. Но если лишить дрожжевые грибки кислорода, то они претерпѣваютъ извѣстныя химическія превращенія своихъ составныхъ частей, но продолжаютъ расщеплять глюкозу на углекислоту и алкоголь. Такой процессъ образованія углекислоты называютъ интрамолекулярнымъ окисленіемъ или интрамолекулярнымъ, лучше интрацеллюлярнымъ дыханіемъ. Подобные процессы встрѣчаются также въ растеніяхъ и животныхъ, протоплазма которыхъ способна болѣе или менѣе долго образовывать углекислоту, не получая свободнаго кислорода.

Потребность истинныхъ аэробовъ въ свободномъ кислородѣ весьма различна. Тѣ дробянки, которыя наиболѣе нуждаются въ этомъ газѣ, собираются, находясь въ каплѣ воды, прикрытой покровнымъ стеклышкомъ, у краевъ этого послѣдняго или вокругъ какого-либо пузырька воздуха, случайно попавшаго въ водяную каплю, такъ какъ на указанныхъ мѣстахъ давленіе свободнаго кислорода является наиболѣе высокимъ. Другія формы дробянокъ предпочитаютъ, напротивъ того, мѣсто съ меньшимъ давленіемъ кислорода; такія дробянки размѣщаются, при наблюденіи ихъ въ каплѣ воды, подъ покровнымъ стеклышкомъ на извѣстномъ разстояніи отъ его краевъ. Если перенести каплю воды, содержащую такія бактеріи, прикрытую стеклышкомъ, въ газовую камеру и вытѣснить часть кислорода, содержащагося въ каплѣ, водородомъ, то бактеріи приближаются ближе къ краямъ покровнаго стеклышка; при пропусканіи же кислорода, онѣ собираются внутрь капли.

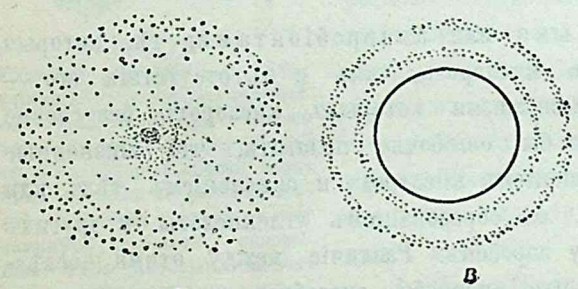


Рис. 80.

Потребность микробозъ въ кислородѣ. *A*—въ каплѣ воды лежитъ клѣтка водоросли, которая при освѣщеніи развиваетъ кислородъ, и находятся различные микробы. Одни изъ этихъ послѣднихъ, именно тѣ, которые весьма нуждаются въ кислородѣ, собираются плотно около водоросли; другіе же, менѣе нуждающіеся, располагаются тамъ, гдѣ давленіе кислорода менѣе. *B* — подобное же расположеніе микробовъ вокругъ пузырька воздуха, находящагося въ каплѣ воды.

Итакъ, эти формы отыскиваютъ себѣ мѣста съ извѣстнымъ, подходящимъ для нихъ давленіемъ кислорода. Если же это имъ не удается, или, если они, вообще, не могутъ перемѣнить мѣста, то они погибаютъ или отъ недостатка свободнаго кислорода, или же отъ избытка его. Истинные анаэробы гибнутъ уже при такомъ давленіи кислорода, какое встрѣчается въ атмосферномъ воздухѣ. Животныя, которыя живутъ въ воздухѣ, могутъ пребывать безъ вреда также и въ чистомъ кислородѣ,—при давленіи кислорода, въ пять разъ большемъ обыкновеннаго. Напротивъ того, въ чистомъ кислородѣ, при давленіи большемъ, чѣмъ въ двѣ атмосферы, они быстро погибаютъ. Относительно недостатка кислорода такія животныя чувствительнѣе; млекопитающія умираютъ быстро, если давленіе кислорода окружающаго ихъ воздуха понижается до одной трети обычнаго давленія. Тотъ фактъ, что аэробныя бактеріи еще долго живутъ при прекращеніи доступа свободнаго кислорода, указываетъ на незначительную потребность ихъ въ послѣднемъ, что при ихъ незначительной величинѣ не представляется удивительнымъ. Изъ всего этого слѣдуетъ, что для каждаго живого существа есть высшій и низшій предѣлы давленія кислорода, внѣ которыхъ этотъ газъ дѣйствуетъ на нихъ вредно. У анаэробныхъ верхняя граница лежитъ весьма низко.

5. Дыханіе растеній. Высшія растенія имѣютъ, вообще, весьма незначительную потребность въ кислородѣ; однакоже, ихъ протоплазма, какъ и протоплазма другихъ живыхъ существъ, непрерывно поглощаетъ кислородъ и производитъ углекислоту [1]).

---

[1]) Констатированіе этого факта затрудняется тѣмъ, что въ растеніяхъ происходитъ и обратный процессъ, а именно поглощеніе углекислоты изъ окружающаго воздуха или воды и разложеніе ея, причемъ кислородъ выдѣляется въ газообразномъ видѣ, углеродъ-же отлагается въ растеніи въ формѣ сложныхъ соединеній. Объ этомъ рѣчь въ слѣдующей главѣ.

То, что видимыя жизненныя явленія растительной протоплазмы связаны съ наличностью свободнаго кислорода, это можно показать такимъ же образомъ, какъ это было сдѣлано съ амёбами. Если перенести тычинки *Tradescantia* въ газовую камеру и вытѣснить изъ этой послѣдней съ помощью водорода весь кислородъ, то движенія протоплазмы въ клѣткахъ прекращаются *). Если недостача или отсутствіе кислорода продолжается не слишкомъ долго, то движенія протоплазмы опять возобновляются при свободномъ его доступѣ; въ противномъ случаѣ они прекращаются совершенно, и протоплазма умираетъ. Также и тѣ движенія растеній, которыя видимы невооруженнымъ глазомъ, какъ напр. движеніе листьевъ мимозъ, прекращаются при недостачѣ кислорода въ окружающей средѣ, равно какъ ростъ всѣхъ тканей и органовъ. Коротко говоря, мы видимъ что жизненная дѣятельность растительной протоплазмы не отличается отъ дѣятельности всякой другой протоплазмы.

Итакъ, растенія дышатъ подобно животнымъ; они поглощаютъ кислородъ и производятъ, при помощи этого кислорода, изъ составныхъ частей протоплазмы углекислоту и другіе продукты окисленія. Поглощеніе растеніями кислорода и производство ими углекислоты можно доказать такъ же, какъ это дѣлается у животныхъ.

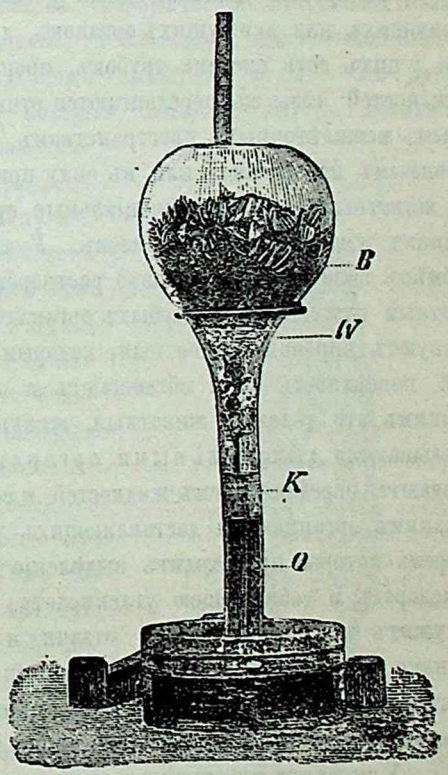


Fig. 81.

Производство растительными тканями углекислоты. Колба B наполнена цвѣтами или грибами (незелеными частями растеній или незелеными растительными организмами), до мѣста W и погружена своимъ отверстіемъ въ ртуть; въ колбу введена ѣдкая щелочь, плавающая на поверхности ртути. Растенія (или части ихъ) потребляютъ кислородъ; выдѣляемая ими углекислота поглощается щелочью, такъ что ртуть поднимается вверхъ въ шейкѣ колбы.

Колба B (рис. 81) наполнена на три четверти цвѣтами или молодыми, свѣжими шляпными грибами (сморчками). Она перевернута и отверстіемъ своей довольно длинной шейки погружена въ ртуть. Чтобы испытуемые грибы или цвѣты удержать въ колбѣ, шейка колбы выполнена отчасти ватою. Съ помощью стеклянной трубки, изогнутой на нижнемъ концѣ и введенной черезъ ртуть въ шейку колбы, высасываютъ изъ колбы часть содержащагося въ ней воздуха, такъ-что ртуть поднимается въ шейкѣ приблизительно на 1 сант., надъ уровнемъ ртути, налитой во внѣшній сосудъ. Послѣ этого впускаютъ въ колбу, съ помощью изогнутой пипетки, нѣсколько кубическихъ сантиметровъ крѣпкой ѣдкой калійной щелочи. Точно также устанавливаютъ другую колбу, содержащую цвѣты или грибы, но только въ нее не вводятъ ѣдкой щелочи.

По прошествіи нѣкотораго времени замѣчаютъ, что ртуть, находящаяся въ шейкѣ первой колбы, начинаетъ подниматься вверхъ; это продолжается до тѣхъ поръ, пока объемъ воздуха, содержащагося въ колбѣ, не уменьшится до четырехъ пятыхъ первоначальной своей величины **). Во второй колбѣ не замѣчается какихъ-либо болѣе или менѣе значительныхъ измѣненій въ объемѣ воздуха, содержащагося въ ней.

Растенія, заключенныя въ обѣ эти колбы, поглощаютъ кислородъ, въ нихъ находящійся, и одновременно съ этимъ выдѣляютъ почти равный объемъ углекислоты. Въ первой колбѣ эта углекислота поглощается ѣдкимъ кали, вслѣдствіе чего объемъ содержащагося въ ней воздуха уменьшается, а именно на одну пятую своей величины; къ концу опыта эта колба содержитъ почти исключительно только азотъ. Въ другой колбѣ кислородъ содержащагося въ

*) Касательно различныхъ движеній см. гл. 18 и 19.

**) Уменьшеніе объема происходитъ въ нѣсколько меньшихъ размѣрахъ, такъ какъ остающійся въ колбѣ воздухъ вслѣдствіе поднятія ртутнаго столба находится подъ уменьшеннымъ давленіемъ.

ней воздуха также поглощается цвѣтами или грибами; но такъ какъ углекислота, выдѣляемая этими послѣдними, не удаляется изъ колбы, то первоначальный объемъ воздуха, заключеннаго въ колбѣ, остается безъ измѣненія. То, что воздухъ, содержащійся въ этихъ колбахъ, теряетъ къ концу опыта весь свой кислородъ, можетъ быть доказано слѣдующимъ образомъ. Отверстіе колбы замыкаютъ, подъ ртутью, большимъ пальцемъ, колбу снимаютъ, перевертываютъ отверстіемъ кверху и, открывъ его, вносятъ, съ помощью проволоки, внутрь колбы горящую свѣчку, которая тамъ тотчасъ потухаетъ за недостаткомъ кислорода, необходимаго для горѣнія.

Вмѣсто сморчковъ или цвѣтовъ можно было бы взять для этого опыта также различныя неокрашенныя въ зеленый цвѣтъ части растеній, напр. мясистые корни; зеленыя части растеній являются не подходящими для такого опыта, такъ какъ онѣ его осложняютъ въ силу обстоятельствъ, о которыхъ будетъ сказано подробнѣе позже.

6. Органы дыханія. Даже у самыхъ большихъ растеній не имѣется никакихъ особыхъ гонющихъ или движущихъ органовъ, для перемѣщенія газовъ и жидкостей внутри организма; но у нихъ есть система трубокъ, пронизывающихъ все тѣло и назначенныхъ для движенія жидкостей; газы же передвигаются отчасти по трубкамъ, отчасти по различнымъ неправильнымъ межклѣточнымъ пространствамъ. Движенія такія поддерживаются или благодаря диффузіоннымъ процессамъ, или въ силу причинъ, о которыхъ будетъ рѣчь ниже. Напротивъ того, у животныхъ имѣются спеціальные органы, завѣдующіе передвиженіемъ внутри тѣла или однихъ жидкостей или и газовъ. У тѣхъ животныхъ, которыя живутъ въ водѣ, газовый обмѣнъ зависитъ отъ газовъ, растворенныхъ въ окружающей ихъ водѣ, такъ что эти животныя нуждаются въ особыхъ органахъ, способныхъ приводить въ движеніе эту воду. Существуютъ впрочемъ животныя, которыя, живя въ водѣ, отъ времени до времени выплываютъ на поверхность ея и поглощаютъ и выдѣляютъ газы при дыханіи такимъ же образомъ, какимъ это дѣлаютъ животныя, живущія на сушѣ. Органы, завѣдующіе обмѣномъ газовъ, называются дыхательными органами. Ихъ отправленію помогаютъ тѣ органы, которые вѣдаютъ передвиженіемъ жидкостей и соковъ, разносящихъ поглощенный кислородъ по всѣмъ тканямъ организма и доставляющихъ углекислоту, возникающую въ организмѣ, органамъ, черезъ которые происходитъ выдѣленіе ея. У высшихъ животныхъ жидкостью, разносящею кислородъ и собирающею углекислоту, служитъ кровь. Хотя она одновременно съ этимъ служитъ для поглощенія и отдачи и другихъ веществъ, образующихся въ организмѣ, однако органы, завѣдующіе ея движеніемъ, стоятъ въ тѣсной, непосредственной связи съ органами дыханія. Не входя въ частности, мы дадимъ краткое описаніе главнѣйшихъ типовъ системъ органовъ дыханія и органовъ кровообращенія.

У низшихъ организмовъ для дыханія служатъ между прочимъ и вышеупомянутыя (гл. 13, § 6) пищевыя вакуоли. Эти послѣднія доставляютъ, благодаря своему постепенному передвиженію, протоплазмѣ даннаго животнаго воду, содержащую питательныя вещества и кислородъ; въ то же время онѣ способствуютъ поглощенію и отдачѣ всѣхъ веществъ, могущихъ диффундировать, въ томъ числѣ и газовъ. Болѣе продуктивную работу производитъ выше нами разсмотрѣнная гастроваскулярная система, жгутики которой производятъ опредѣленное движеніе воды, поддерживаемое иногда мускульными сокращеніями тѣла животнаго. Органы, служащіе исключительно дыханію, собственно органы дыханія, являются въ трехъ видахъ, а именно въ видѣ легкихъ, жабръ и трахей. Различаютъ еще трахейныя жабры и трахейныя легкія. Легкія и трахеи служатъ для поглощенія и выдѣленія газовъ въ ихъ свободномъ видѣ; черезъ жабры же происходитъ поглощеніе и выдѣленіе растворенныхъ газовъ. Жабры встрѣчаются у животныхъ, которыя постоянно живутъ въ водѣ или же, будучи водными, оставляютъ свою обычную среду только на непродолжительное время; трахеи и легкія свойственны животнымъ, живущимъ на сушѣ *). У нѣкоторыхъ животныхъ временно бываютъ и легкія и жабры вмѣстѣ (рѣже они существуютъ одновременно и въ теченіе всей жизни).

*) Объ исключеніяхъ, сюда относящихся, упомянуто выше (§ 6).

7. Легкія. Легкое въ своей простѣйшей формѣ представляетъ собою тонкостѣнный, эластическій мѣшокъ, являющійся выпячиваніемъ пищеварительнаго канала, лежащимъ вблизи ротоваго конца, черезъ который онъ и сообщается съ внѣшнимъ міромъ. По большей части легкія бываютъ парными, и тогда та дыхательная трубка, которая соединяетъ легкія съ пищеварительнымъ каналомъ, представляется развѣтвленною на правый и лѣвый бронхи. По внѣшней поверхности легочнаго мѣшка развѣтвляются кровеносные сосуды, которые образуютъ здѣсь обильную капиллярную сѣть, отъ которой начинается одна или нѣсколько венъ, относящихъ кровь, обогатившуюся кислородомъ и освободившуюся отъ углекислоты. Кровь, протекающая по легочнымъ капиллярамъ, вступаетъ, благодаря тонкимъ стѣнкамъ послѣднихъ, въ диффузіонный обмѣнъ съ воздухомъ, находящимся въ легкихъ. Степень газоваго обмѣна въ легкихъ повышается увеличеніемъ поверхности соприкосновенія между кровью и легочнымъ воздухомъ, съ одной стороны, и благодаря приспособленіямъ, обусловливающимъ обмѣнъ легочнаго воздуха съ воздухомъ внѣшней среды, — съ другой стороны. Первой цѣли служатъ тѣ перегородки, которыя вдаются внутрь легкихъ и которыя увеличиваютъ такимъ образомъ внутреннюю поверхность легочныхъ мѣшковъ, такъ что на этой поверхности можетъ занять мѣсто большее число капилляровъ. Къ тому же, капилляры, заложенные въ этихъ перегородкахъ, приходятъ въ соприкосновеніе съ легочнымъ воздухомъ съ двухъ сторонъ. Такое состояніе развитія обнаруживаютъ, напр., легкія лягушки. Если дѣленіе легочнаго мѣшка идетъ дальше, то онъ распадается, благодаря возникающимъ перегородкамъ, на большое число небольшихъ мѣшечковъ,—*альвеолъ*, которыя стоятъ въ связи съ бронхомъ при помощи его многочисленныхъ развѣтвленій. Какъ примѣръ такого *сложнаго легкаго*, встрѣчающагося у высшихъ животныхъ, можетъ служить легкое кролика, описанное въ гл. 11, § 9. Тамъ же мы видѣли, что эластическія легкія такъ вложены въ грудную клѣтку животнаго, что при каждомъ расширеніи этой послѣдней расширяются и сами легкія, причемъ атмосферный воздухъ всасывается въ нихъ (*вдыханіе*); напротивъ того, при каждомъ уменьшеніи грудной полости уменьшаются и альвеолы, и часть содержащагося въ нихъ воздуха вытѣсняется наружу (*выдыханіе*). При помощи этихъ движеній воздухъ, находящійся въ альвеолахъ, смѣшивается съ воздухомъ окружающей атмосферы, такъ что содержаніе кислорода и углекислоты въ немъ поддерживается на извѣстной средней высотѣ, вслѣдствіе чего поглощеніе кровью кислорода, равно какъ выдѣленіе ею углекислоты происходитъ равномѣрно.

Рис. 82.
Легкія хамелеона (*Chamaeleo monachus*). Сѣтка представляетъ собою кровеносные сосуды, которые распространяются въ перегородкахъ, лежащихъ внутри легкихъ.

Не у всѣхъ животныхъ, имѣющихъ легкія, легочное дыханіе происходитъ вышеописаннымъ образомъ. Напр., у лягушки атмосферный воздухъ не всасывается легкими, но вдавливается туда благодаря сокращеніямъ мышцъ гортани, причемъ выхожденію воздуха наружу препятствуетъ замыканіе рта и носовыхъ полостей. Замыканіе полостей носа происходитъ при этомъ благодаря небольшимъ хрящевымъ пластинкамъ, которыя при посредствѣ весьма искуснаго механизма могутъ замыкать изнутри отверстія носа. Вытѣсненіе воздуха изъ легкихъ производится сокращеніемъ мышцъ живота *). Также устроены легкія рептилій, примѣромъ которыхъ являются легкія, представленныя на рис. 82. Они имѣютъ форму длинныхъ мѣшковъ,

*) Такъ какъ лягушка не имѣетъ діафрагмы, и грудная и брюшная полости ея представляются нераздѣльными, то сокращенія брюшныхъ мышцъ могутъ непосредственно дѣйствовать на легкія, лежащія въ грудобрюшной полости.

передній (оральный) отдѣлъ которыхъ раздѣленъ перегородками на ячейки, задній же является почти совершенно гладкимъ. Вдавливаніе воздуха въ эти мѣшки происходитъ благодаря сокращеніямъ шейныхъ мышцъ. Наконецъ, у птицъ легкія построены по существу такъ же, какъ у млекопитающихъ, но представляютъ отличіе только въ расположеніи бронховъ. Въ то время какъ у млекопитающихъ бронхи развѣтвляются подобно дереву на болѣе и болѣе тонкія трубки, на конечныхъ развѣтвленіяхъ которыхъ находятся альвеолы, у птицъ изъ главныхъ бронховъ возникаетъ нѣсколько большихъ вѣтвей, которыя проходятъ легкія, прободаютъ ихъ поверхность и вступаютъ въ соединеніе съ воздухоносными полостями костей и воздушными мѣшками *). Отъ каждой большой трубки идутъ меньшія, на стѣнкахъ которыхъ сидятъ альвеолы. Легкія птицъ срастаются своею спинною поверхностью съ грудною клѣткою, и при дыхательныхъ движеніяхъ этой послѣдней онѣ пассивно, какъ у млекопитающихъ, расширяются и суживаются. Грудобрюшная преграда, которая у млекопитающихъ при своихъ движеніяхъ увеличиваетъ грудную полость по направленію отъ ротового конца къ заднему, у птицъ представляется зачаточною; но грудина ихъ можетъ весьма значительно удаляться отъ позвоночника и можетъ путемъ такихъ движеній обусловливать значительное увеличеніе спинно-брюшнаго поперечника грудной полости.

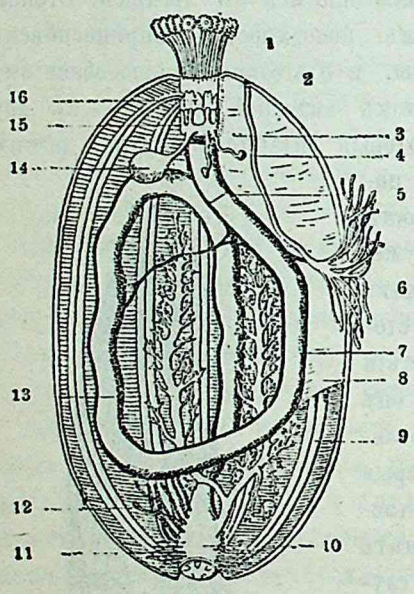


Рис. 83.
Голотурія — вскрытая и распластанная. 1 - щупальцы; 2 — отверстіе половыхъ органовъ; 3 — кровеносные сосуды; 4 — каменистый каналъ; 5 — сосуды кишечника; 6 половые органы; 7 — кишечникъ; 8 — брыжжейка; 9 — мышцы; 10 — клоака; 11 — мышцы; 13 - водныя легкія съ ихъ придатками (12); 14 - полевъ пузырь; 15 — жаберные сосуды; 16 — известковое кольцо **).

8. Жабры. Среднее мѣсто между легкими и жабрами занимаютъ водныя легкія голотурій, — длинные кожистые мѣшки, снабженные слѣпо оканчивающимися развѣтвленіями и открывающіеся въ аборальный конецъ кишечника (въ клоаку). Съ внѣшней стороны они оплетены кровеносными сосудами, внутри же наполнены водою, которая благодаря насосообразнымъ движеніямъ мѣшковъ отъ времени до времени замѣняется свѣжею. Ихъ можно было бы назвать внутренними жабрами. Настоящія жабры, каковыя встрѣчаются у животныхъ, живущихъ въ водѣ, отличаются отъ легкихъ тѣмъ, что послѣднія являются полостями, заложенными внутри тѣла животнаго и раздѣленными внутренними перегородками на большее или меньшее число меньшихъ полостей, въ которыя поступаетъ вдыхаемый и выдыхаемый воздухъ, тогда какъ жабры омываются водою съ внѣшней ихъ поверхности. Газовый обмѣнъ совершается черезъ жабры между газами крови и газами, растворенными въ окружающей водѣ. Понятно, что черезъ увеличеніе поверхности жабръ обмѣнъ газовъ увеличивается. Соотвѣтственно этому мы находимъ, что жабры имѣютъ по большей части нитевидную форму, пучковидную, форму тонкихъ пластинокъ и т. п., этими достигается значительное увеличеніе ихъ поверхности, безъ увеличенія объема.

Жабры или свѣшиваются свободно въ окружающую воду, или лежатъ въ особой жаберной полости, въ которой поддерживается постоянный токъ воды (рис. 84). Такимъ образомъ, благодаря постоянному возобновленію воды, омывающей жабры, разница въ давленіяхъ кисло-

*) Полости костей животныхъ выполнены, вообще, костнымъ мозгомъ; у птицъ же онѣ являются, во всѣхъ или въ большинствѣ костей,—наполненными внутри воздухомъ. Воздушные мѣшки представляютъ собою воздушныя пространства, ограниченныя плотными перепонками и лежащія подъ кожею, между мышцами и въ брюшной полости. Благодаря имъ тѣло птицъ имѣетъ небольшой удѣльный вѣсъ, что помогаетъ летанію ихъ. Обширныя воздухоносныя пространства содержатъ значительный запасъ кислорода и обусловливаютъ, при могущей быть остановкѣ дыхательныхъ движеній, обмѣнъ ихъ газовъ съ газами крови.

**) См. сказанное въ главѣ 18 о строеніи морскихъ звѣздъ, стоящихъ по строенію близко къ голотуріямъ.

рода и углекислоты, содержащихся въ крови животнаго и въ водѣ, поддерживается постоянно на достаточной высотѣ *).

У оболочниковъ (Tunicata) начальный отдѣлъ кишечника цѣликомъ превращенъ въ жаберный аппаратъ. Онъ представляетъ собою родъ корзины, черезъ которую вода, поглощенная ртомъ, устремляется въ полость, окружающую со всѣхъ сторонъ этотъ аппаратъ. Изъ этой полости вода выходитъ черезъ трубку, выходное отверстіе которой лежитъ подлѣ ротоваго отверстія, пища же, смоченная слизью, отдѣляемою т. наз. эндостилемъ, попадаетъ въ начало кишечнаго канала, лежащаго у нижняго конца жабернаго аппарата. Если жаберная полость достаточно велика, чтобы вбирать болѣе или менѣе значительное количество воды, и если эта послѣдняя можетъ быть задержана въ жаберной полости, посредствомъ жаберной крышки, то животное, имѣющее такъ приспособленныя жабры, можетъ жить временами внѣ воды, какъ напр. раки. Подобное существуетъ и у лазающей рыбы, Anabas scandens, живущей въ рѣкахъ и озерахъ Индіи и при высыханіи ихъ перебирающейся по сушѣ въ другіе водные бассейны; говорятъ, что она можетъ прожить нѣсколько дней внѣ воды, на сушѣ.

Въ то время, какъ легкія позвоночныхъ животныхъ представляютъ собою выпячиваніе желудочно-кишечной трубки, жабры безпозвоночныхъ возникаютъ изъ придатковъ

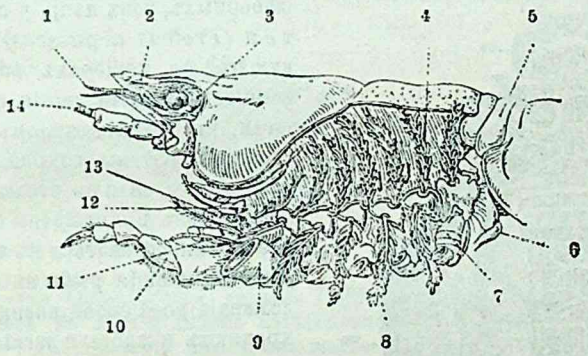


Рис. 84.

Жабры рака. Жаберная крышка, ноги и клешни отрѣзаны; внѣшнія жабры оттянуты книзу. 1 — малые усики; 2—rostrum; 3 — стебель глаза съ глазомъ; 4—верхнія; 8 – внѣшнія жабры; 5—первое брюшное кольцо; 6—его ножка; 7 – четвертая ходильная нога; 9—клешни; 10, 11 и 12—челюстныя ноги; 13 – челюсть; 14 – большой усикъ.

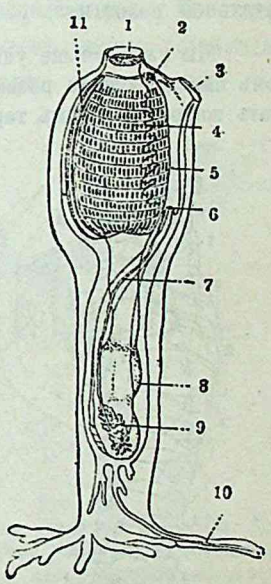


Рис. 85.

Жаберный аппаратъ асциди (Clavellina lepadiformis). 1—отверстіе рта; 2—ганглій; 3 – выводное отверстіе; 4 – жабры; 5 полость клоаки; 6 – заднепроходное отверстіе; 7 – выводной каналъ половыхъ железъ; 8 — желудочно-кишечный каналъ; 9 – половыя железы; 10—отростки, служащіе для прикрѣпленія животнаго, 11—эндостиль.

или выпячиваній наружной кожи. Они могутъ встрѣтиться на различнѣйшихъ мѣстахъ тѣла животнаго, напр., на конечностяхъ (у Dekapoda), движенія которыхъ производятъ движеніе окружающей воды, что благопріятствуетъ дѣятельности расположенныхъ на нихъ жабръ. Во многихъ случаяхъ вся конечность превращается въ жабру, и тогда она уже не служитъ для движенія, но только для дыханія. И здѣсь иногда жабры лежатъ въ особой полости (см. рис. 84), гдѣ можетъ задерживаться вода, что облегчаетъ животному пребываніе на воздухѣ. Жаберная полость рѣчнаго рака представляется открытою только на переднемъ своемъ концѣ, гдѣ она можетъ замыкаться лежащею здѣсь конечностью; эта конечность служитъ кромѣ того еще для поддержанія притока воды въ означенную полость и оттока ея оттуда.

Жабры, которыя совершенно приспособились къ дыханію воздухомъ, называются «жаберными легкими». Онѣ расположены въ обширныхъ полостяхъ, соединяющихся съ наружнымъ воздухомъ посредствомъ соотвѣтственныхъ отверстій или каналовъ, въ которыхъ постоянно находится воздухъ, насыщенный парами воды, такъ что газовый обмѣнъ

*) Мы не можемъ входить въ болѣе подробное описаніе того, благодаря чему производится такое движеніе воды; мы можемъ въ этомъ отношеніи только указать на частную физіологію того или другого даннаго животнаго.

можетъ происходить безпрепятственно. Подобные органы встрѣчаются у нѣкоторыхъ животныхъ, пребывающихъ во влажномъ воздухѣ, но не въ водѣ, какъ напр. у нѣкоторыхъ мокрицъ. Жаберныя легкія у пальмоваго вора (*Birgus latro*), животнаго изъ отряда десятиногихъ раковъ, живущаго постоянно на сушѣ, представляютъ собою довольно большую, выстланную перепонкой полость, въ которой находятся жаберные пучки; они-то поддерживаютъ газовый обмѣнъ между соками животнаго и влажнымъ воздухомъ, находящимся въ дыхательной полости. У легочныхъ улитокъ жабры совершенно преобразовались въ легкія: стѣнки первоначальной жаберной полости покрыты густою сѣтью кровеносныхъ сосудовъ, чѣмъ и обусловливается дыханіе. Поэтому и водяныя легочныя улитки должны отъ времени до времени подниматься на поверхность воды и обновлять воздухъ въ своей дыхательной полости.

Мы уже раньше упомянули, что нѣкоторыя позвоночныя (именно земноводныя) въ первомъ періодѣ своего развитія, въ видѣ личинокъ, когда они живутъ исключительно въ водѣ, дышатъ жабрами; затѣмъ теряютъ ихъ и какъ наземныя животныя дышатъ легкими. Иногда же при существованіи легкихъ не прекращается дѣятельность жабръ У нѣкоторыхъ постоянно жаберныхъ, какъ напр. у протея (*Proteus anguineus*), живущаго въ пещерахъ возвышенности Карста, легкія остаются въ рудиментарномъ состояніи. Тритоны сохраняютъ свои жабры, если въ стадіи головастиковъ принуждены были все время оставаться въ водѣ. Двоякодышащія рыбы въ продолженіе всей своей жизни, сохраняютъ и жабры и легкія; по ихъ виду и строенію ихъ причисляютъ къ рыбамъ, но они отъ всѣхъ рыбъ отличаются именно присутствіемъ легкихъ. Когда высыхаютъ рѣчки и болота, въ которыхъ находятся эти животныя, они зарываются въ илъ и дышатъ посредствомъ своихъ мѣшкообразныхъ легкихъ, соединяющихся при помощи короткаго хода съ глоткой.

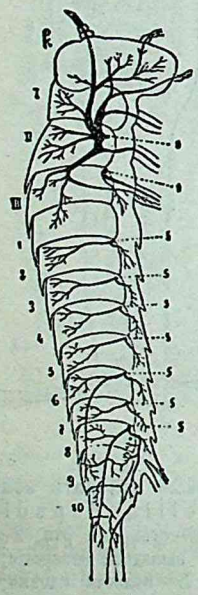


Рис. 86.
Трахеи у насѣкомаго *Machilis maritima*, *s*—дыхательныя отверстія; *k*—голова; I—IV грудные сегменты; 1—10 брюшные сегменты.

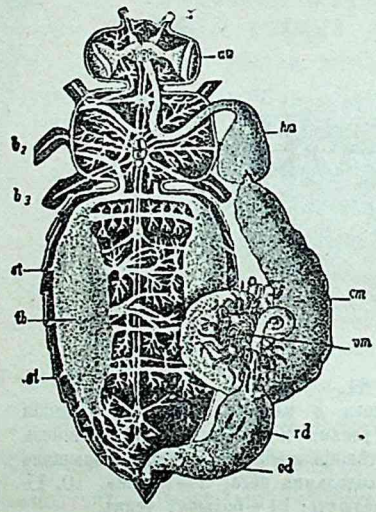


Рис. 87.
Трахейные мѣшки и трахеи пчелы. *st*—дыхательныя отверстія; *th*—трахейные мѣшки, изъ которыхъ берутъ свое начало трахеи. Подъ ними видна нервная система, *a*—усики, b_1 b_2 b_3,—ноги; *au*—глаза; *hm—ed*—пищеварительный каналъ.

9. Трахеи. Для дыханія воздухомъ служатъ и трахеи. Онѣ встрѣчаются у насѣкомыхъ, пауковъ и нѣкоторыхъ другихъ классовъ членистоногихъ, которыя поэтому въ отличіе отъ остальныхъ называются трахейными. Трахеи представляютъ собою развѣтвляющіяся трубки, которыя на поверхности тѣла начинаются отверстіемъ, называемымъ дыхательнымъ отверстіемъ или стигмой, и переходятъ подконецъ въ очень тонкія трубочки, пронизывающія всѣ ткани. Такимъ образомъ внѣшній воздухъ, находящійся въ трубкахъ, можетъ вступать въ газовый обмѣнъ съ составными частями тканей непосредственно, т.-е. безъ участія крови. Трубки покрыты эпителіемъ, выстланнымъ хитиновой кутикулой. Внутри трубокъ образуется спиральное утолщеніе хитиноваго слоя, благодаря чему трубки, оставаясь гибкими, не могутъ сплющиваться ни вслѣдствіе внѣшняго давленія, ни при поворотахъ и изгибахъ животнаго, подобно тому, какъ проволочная спираль, помѣщенная въ каучуковой трубкѣ, не позволяетъ послѣдней сплющиваться, и

въ то же время трубка остается гибкой. У нѣкоторыхъ суставчатыхъ животныхъ почти каждый сегментъ тѣла снабженъ двумя трахеями, дыхательное отверстіе одной на правой сторонѣ, другой—на лѣвой; но чаще одна трахея предназначается для нѣсколькихъ сосѣднихъ сегментовъ. У другихъ животныхъ проходятъ по длинѣ тѣла трубки или довольно большіе трахейные пузыри съ незначительнымъ количествомъ дыхательныхъ отверстій, отъ которыхъ отходятъ отдѣльныя трахеи, проникающія внутрь тѣла (сравн. рис. 87). Возобновленіе воздуха въ трахеяхъ бываетъ неполное при движеніи отдѣльныхъ частей тѣла и по большей части происходитъ вслѣдствіе диффузіи.

У нѣкоторыхъ живущихъ въ водѣ личинокъ насѣкомыхъ (стрекозы и друг.) встрѣчаются трахейныя жабры. Отъ одной продольной трахейной трубки исходятъ съ одной стороны многочисленныя вѣточки въ листообразные отростки, расположенные на поверхности тѣла и омываемые водой; съ другой стороны та же трахея даетъ начало развѣтвляющимся трахейнымъ трубкамъ, проходящимъ во внутрь ткани. Первые изъ нихъ поглощаютъ изъ воды кислородъ и отдаютъ ей угольную кислоту; во вторыхъ же имѣетъ мѣсто обратный процессъ. Какъ на примѣръ образованія трахейныхъ легкихъ можемъ

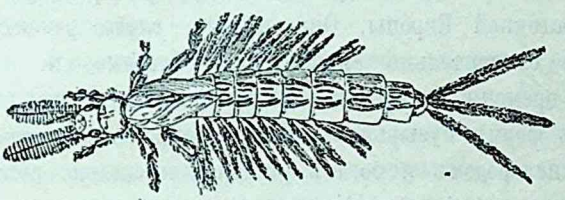


Рис. 88.
Личинка обыкновенной поденки (*Ephemera vulgata*); живетъ въ водѣ и дышитъ находящимися на ея поверхности трахейными жабрами.

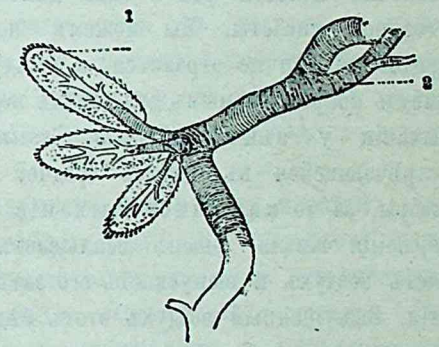


Рис. 89.
Трахейныя жабры *Nemura lateralis*. Листообразныя трахейныя жабры (1) находятся въ водѣ, между тѣмъ какъ развѣтвляющіяся трахейныя трубки (2) проводятъ воздухъ внутрь тѣла насѣкомаго.

указать на встрѣчаемыя у паукообразныхъ полости, соединяющіяся посредствомъ большихъ дыхательныхъ отверстій съ наружнымъ воздухомъ; въ полостяхъ этихъ находятся многочисленныя, тонкія, рядомъ стоящія, на подобіе листьевъ книги, пластинки, которыя благодаря своей большой поверхности служатъ посредниками при газовомъ обмѣнѣ.

10. Кожное и кишечное дыханіе. Изъ сказаннаго выше слѣдуетъ, что у небольшихъ одноклѣточныхъ организмовъ, живущихъ въ водѣ или влажномъ воздухѣ, для безусловно необходимаго для поддержанія ихъ жизни поглощенія кислорода и отдачи угольной кислоты вполнѣ достаточно диффузіи, происходящей на поверхности ихъ тѣла; на помощь ей приходитъ иногда также прониканіе маленькихъ пузырьковъ воды внутрь протоплазмы. И въ бо́льшихъ организмахъ дыханіе каждой клѣтки можетъ совершаться такимъ же образомъ, если тѣло пронизано многочисленными трубками, изъ которыхъ однѣ наполнены текучею водою, другія же содержатъ воздухъ, сообщающійся съ внѣшней атмосферой. Такъ устроены дыхательныя приспособленія у растеній. Многоклѣточныя животныя простѣйшей формы, имѣющія видъ гаструлы, уже благодаря этому одному получаютъ значительное увеличеніе поверхности своего тѣла, такъ что и внутренняя поверхность подобно внѣшней, можетъ служить для цѣлей дыханія. Кромѣ того, внутренняя поверхность, благодаря складкамъ, можетъ быть еще значительно увеличена (гастроваскулярная система, § 3); или же нѣкоторыя мѣста внѣшней или внутренней поверхности организма получаютъ преимущественную способность служить цѣлямъ дыханія (легкія, жабры). Въ другихъ же случаяхъ все тѣло пронизывается системою тонкихъ, развѣтвляющихся трубокъ, сообщающихся съ наружнымъ воздухомъ (трахеи). Но даже и тамъ, гдѣ имѣются особые вполнѣ развитые дыхательные органы, остальныя

части тѣла не теряютъ, все-таки, способности участвовать съ своей стороны въ газовомъ обмѣнѣ; сюда относится кишечникъ, главнымъ образомъ служащій обмѣну веществъ, а также кожный покровъ. Почти вездѣ, помимо легкихъ, жабръ и трахей въ дыханіи принимаютъ участіе, въ большей или меньшей мѣрѣ, еще внутренняя поверхность кишекъ и наружные покровы кожи. Только въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ кожные покровы вслѣдствіе недостатка воды, ороговѣнія или отложенія плотныхъ хитиновыхъ образованій, мало или совсѣмъ непроницаемы для газовъ, ихъ участіе въ общемъ дыханіи весьма незначительно, и тогда главную работу выполняютъ спеціальные органы дыханія. Такъ обстоитъ дѣло у млекопитающихъ, еще въ большей степени у десятиногихъ раковъ и друг. Напротивъ, тамъ, гдѣ кожа содержитъ много воды и покрыта нѣжнымъ и легко проницаемымъ эпителіемъ, она играетъ ещо большую роль при дыханіи. Это мы видимъ, напр., у лягушекъ; у нихъ мало развитыя легкія принимаютъ сравнительно небольшое участіе въ дыханіи; за то богатая кровью и влажная наружная кожа, а также слизистыя оболочки полости рта и зѣва дѣятельно участвуютъ въ поглощеніи кислорода и отдачѣ угольной кислоты. Мы можемъ поэтому вырѣзать у лягушки легкія, и это особенно вредно на ней не отразится, а между тѣмъ она погибнетъ, если ея кожу покрыть какимъ-нибудь непроницаемымъ для газовъ покровомъ. Кишечникъ принимаетъ большое участіе въ дыханіи у вьюна (*Cobitis fossilis*), рыбы, принадлежащей къ семейству карповыхъ и встрѣчающейся въ водахъ средней и восточной Европы. Она имѣетъ слабо развитыя жабры, за то кишечное дыханіе у нея относительно сильно и необходимо для поддержанія жизни. Вьюнъ всплываетъ отъ времени до времени на поверхность воды, глотаетъ воздухъ и выпускаетъ его затѣмъ въ формѣ пузырьковъ изъ заднепроходнаго отверстія. Выпущенный воздухъ этотъ бѣденъ кислородомъ и богатъ угольной кислотою: слѣдовательно онъ подвергся въ кишечникѣ такимъ же измѣненіямъ, какимъ онъ подвергается въ легкихъ *).

У рыбъ (за исключеніемъ акулъ и нѣкоторыхъ костистыхъ) находится плавательный пузырь, представляющій мѣшковидный выворотъ передняго конца кишечника, наполненный воздухомъ. У нѣкоторыхъ рыбъ онъ сообщается съ глоткой, у большинства же онъ замкнутъ. Органъ этотъ представляетъ собою настоящую начальную форму легкихъ, и у выше упомянутыхъ (§ 8) двоякодышащихъ играетъ именно эту роль. Легкія позвоночныхъ животныхъ развились изъ плавательнаго пузыря. У рыбъ, дышащихъ жабрами, онъ не служитъ для дыханія, да это и невозможно въ тѣхъ случаяхъ, когда онъ совершенно закрытъ. Если рыба силою своихъ мышцъ сдавливаетъ воздухъ, заключенный въ плавательномъ пузырѣ, то объемъ ея уменьшается, а удѣльный вѣсъ увеличивается, и она погружается глубже въ воду **). Такимъ образомъ плавательный пузырь сдѣлался статическимъ органомъ.

11. Значеніе крови при дыханіи. На трахейныхъ жабрахъ ясно замѣтно раздѣленіе двухъ различныхъ, другъ друга дополняющихъ сторонъ дыхательнаго процесса: воспринятіе кислорода наружнаго воздуха и отдача угольной кислоты съ одной стороны и отдача кислорода тканямъ и воспринятіе изъ нихъ угольной кислоты съ другой. Первую часть

*) Кишечное дыханіе встрѣчается въ малой степени у всѣхъ высшихъ животныхъ, а также у людей, такъ какъ воздухъ, поглощенный съ пищей, отдаетъ свой кислородъ крови, протекающей по стѣнкамъ кишекъ. Но, кромѣ того, въ кишкахъ образуются другіе газы вслѣдствіе разложенія содержимаго кишекъ. Это обстоятельство не имѣетъ уже никакой связи съ дыханіемъ.

**) Поэтому мертвыя рыбы всплываютъ на поверхность, такъ какъ отсутствуетъ давленіе на плавательный пузырь. Удѣльный вѣсъ рыбъ тогда немногимъ меньше вѣса воды. У рыбъ, живущихъ на значительной глубинѣ, воздухъ въ плавательномъ пузырѣ находится подъ высокимъ давленіемъ. Когда рыбы поднимаются на поверхность, воздухъ значительно расширяется, поверхность тѣла растягивается и иногда даже внутренности выпячиваются наружу черезъ ротъ.

этого процесса называютъ внѣшнимъ, другую—внутреннимъ дыханіемъ. При самыхъ простыхъ отношеніяхъ, представляемыхъ одноклѣточными организмами, и тамъ, гдѣ дыханіе имѣетъ мѣсто на поверхности полостей тѣла и на внѣшней кожѣ (на эктодермѣ и на энтодермѣ), оба процесса совершаются въ одномъ и томъ же мѣстѣ. То же самое бываетъ и въ тѣхъ случаяхъ, когда имѣются развѣтвляющіяся по всему тѣлу трахеи. Но, какъ скоро для дыхательнаго процесса образуются спеціальные отдѣльные органы (легкія или жабры), воспринимаемый въ нихъ кислородъ не можетъ въ достаточной мѣрѣ проникать въ ткани; точно также образующаяся въ послѣднихъ углекислота не въ состояніи довольно скоро достигать органовъ выдѣленія; поэтому является необходимость въ посредникѣ между внѣшнимъ и внутреннимъ дыханіемъ. Этимъ посредникомъ у всѣхъ позвоночныхъ и у высшихъ безпозвоночныхъ животныхъ является кровь. Гемоглобинъ, находящійся въ крови, обладаетъ важнымъ въ этомъ отношеніи свойствомъ давать весьма непрочное соединеніе съ кислородомъ и снова отдавать его тканямъ (сравн. гл. 11, § 5). Для этого необходимо, чтобы кровь находилась въ движеніи. Поэтому кровообращеніе является тѣмъ болѣе приспособленнымъ къ этой цѣли, чѣмъ сильнѣе потребность въ дыханіи и чѣмъ больше процессъ дыханія съ кожи и кишечника перешелъ къ легкимъ и жабрамъ. Сообразно съ этимъ у птицъ и млекопитающихъ вся кровь при одномъ оборотѣ протекаетъ черезъ легкія; между тѣмъ какъ у низшихъ позвоночныхъ только часть ея проходитъ черезъ органы дыханія.

У высшихъ животныхъ кровь протекаетъ по совершенно замкнутымъ каналамъ, кровеноснымъ сосудамъ. Необходимую для этого работу производитъ сердце. Къ сказанному выше въ главѣ II мы должны сдѣлать нѣкоторыя дополненія относительно уклоненій, встрѣчаемыхъ у различныхъ животныхъ. Кровообращеніе служитъ не только исключительно дыханію. Оно способствуетъ также воспринятію пищевыхъ веществъ изъ кишечника и выдѣленію изъ тканей продуктовъ обмѣна, которые тамъ образуются вмѣстѣ съ углекислотою. Какъ при дыханіи происходитъ воспринятіе и отдача газообразныхъ веществъ, такъ и здѣсь имѣется дѣло съ усвоеніемъ и выдѣленіемъ твердыхъ тѣлъ, растворенныхъ въ сокахъ тѣла. Къ этимъ различнымъ назначеніямъ сосудистая система у различныхъ животныхъ приспособляется соотвѣтственнымъ образомъ. Что касается соотвѣтственныхъ процессовъ у растеній, то въ виду того, что у нихъ нѣтъ ничего аналогичнаго съ кровью и съ кровообращеніемъ, мы будемъ говорить о нихъ впослѣдствіи.

Приведенное въ одиннадцатой главѣ описаніе сердца и сосудовъ относится ко всѣмъ млекопитающимъ и птицамъ. Но уже у пресмыкающихся встрѣчаются уклоненія въ строеніи сердца; правое и лѣвое сердце не вполнѣ отдѣлены другъ отъ друга. У земноводныхъ имѣется лишь одинъ общій желудочекъ сердца и только два предсердія раздѣльны; наконецъ, у рыбъ сердце состоитъ изъ одного желудочка и одного предсердія; къ послѣднему примыкаетъ еще sinus venosus, въ который впадаютъ вены. Безпозвоночныя животныя не имѣютъ вполнѣ замкнутой сосудистой системы; кровь движется часть своего пути въ безстѣночныхъ пространствахъ между органами, которымъ она приноситъ кислородъ и питательныя вещества и забираетъ углекислоту и другіе продукты окисленія.

У всѣхъ позвоночныхъ животныхъ движеніе крови обусловливается тѣмъ, что полости сердца, ограниченныя мускулистыми стѣнками, въ правильные промежутки времени попеременно то сокращаются, то разслабляются. Вслѣдствіе сокращенія сердечной мышцы кровь изъ сердца выталкивается, при разслабленіи ея она втекаетъ обратно въ соотвѣтственную полость *). У многихъ же низшихъ животныхъ, вмѣсто мышечнаго сердца, имѣются трубчатыя расширенія кровеноснаго русла, растягиваемыя прикрѣпленными къ нимъ

*) Толчкообразное вхожденіе крови въ наполненныя уже артеріи производитъ въ нихъ явленіе пульса.

извнѣ мышцами; омывающая ихъ и находящаяся въ лишенныхъ собственныхъ стѣнокъ пространствахъ кровь всасывается въ трубку черезъ имѣющіяся въ ея стѣнкахъ щели. Клапаны, расположенные у края щелей, направлены внутрь, такъ что, при прекращеніи мышечнаго растяженія, кровь не можетъ выйти изъ трубки. Почти совершенно замкнутая сосудистая система находится у выше организованныхъ безпозвоночныхъ, изъ которыхъ для примѣра мы представимъ сосудистую систему омара (рис. 90). Мышечное сердце лежитъ внутри полаго пространства, наполненнаго кровью, въ такъ наз. околосердечной полости; изъ нея кровь, при расширеніи сердца, всасывается въ него черезъ имѣющіяся въ немъ щелевыя отверстія. При сокращеніи сердца, кровь разносится по тѣлу артеріями и переходитъ затѣмъ въ лишенныя собственныхъ стѣнокъ пространства (кровеносные синусы). Одинъ изъ этихъ синусовъ, находящійся на брюшной сторонѣ, отдаетъ вѣтви, несущія кровь къ жабрамъ; отъ нихъ она черезъ замкнутые сосуды (жаберныя вены) возвращается въ околосердечную полость.

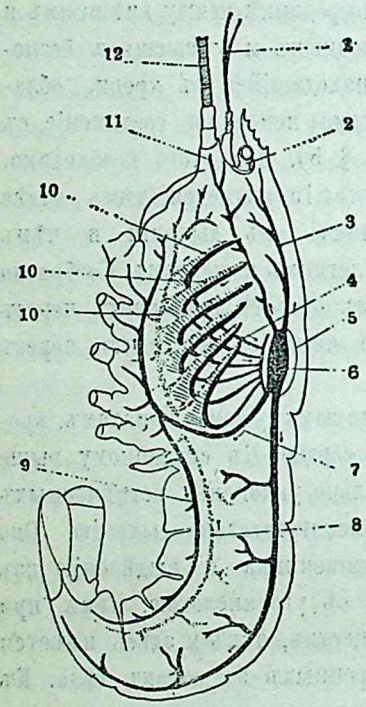


Рис. 90.

Кровообращеніе омара. Изъ сердца кровь течетъ въ артеріи, изливается въ большой кровеносный синусъ брюшной полости, направляется отъ него къ жабрамъ, а оттуда къ околосердечной полости, изъ которой снова попадаетъ въ сердце. 1) малыя, 12) большія антенны или усики; 2) глаза; 3) артерія, идущая къ усикамъ; 4) жаберныя вены; 5) перикардій, или околосердечный мѣшокъ; 6) сердце; 7) грудная; 9) брюшная артеріи; 8) кровеносный синусъ; 10) вѣтви, ведущія отъ кровеноснаго синуса къ жабрамъ; 11) печеночная артерія.

12. Кровообращеніе у теплокровныхъ. Замкнутая кровеносная система самаго полнаго развитія достигаетъ у птицъ и млекопитающихъ животныхъ. Если мы отвлечемся отъ частностей устройства, обусловливаемыхъ формой тѣла, то мы будемъ въ состояніи свести кровообращеніе этихъ животныхъ къ простой схемѣ. Сердце, раздѣленное на четыре отдѣла, два предсердія и два желудочка, распадается на лѣвую и правую половины, совершенно отдѣленныя другъ отъ друга перегородкой. Изъ желудочковъ кровь вытекаетъ по толстостѣннымъ сосудамъ (артеріямъ), повторно дѣлящимся на все болѣе тонкія трубки, которыя, наконецъ, переходятъ въ мелкія, очень тонкостѣнныя трубочки (капилляры), черезъ стѣнки которыхъ происходитъ между кровью и тканями обмѣнъ веществами. Отъ капилляровъ отходятъ снова болѣе крупные сосуды (вены); эти послѣдніе соединяются и несутъ кровь обратно къ сердцу и именно въ предсердія, изъ которыхъ она снова переходитъ въ желудочки.

Рис. 91 представляетъ схематически подобную кровеносную систему. Въ основу ея положены отношенія, существующія у млекопитающихъ животныхъ. Изъ лѣваго желудочка выходитъ аорта, несущая свѣтлую или артеріальную кровь. Изъ ея многочисленныхъ вѣтвей обозначены только двѣ: одна для оральнаго и одна для большаго аборальнаго участка тѣла. Выходящіе изъ постоянно вѣтвящихся артерій капилляры изображены на рис. 91 въ видѣ сѣтеобразно переплетающихся тонкихъ линій. Подобныя капиллярныя системы находятся во всѣхъ органахъ; къ каждому изъ нихъ кровь приносится одной или нѣсколькими артеріями, являющимися вѣтвями аорты. Въ органахъ кровь отдаетъ кислородъ и воспринимаетъ углекислоту. Она дѣлается при этомъ темнѣе и называется теперь темной или венозной кровью. Изъ капилляровъ кровь направляется въ сосуды, которые постоянно соединяются и, наконецъ, образуютъ два главныхъ венозныхъ ствола, верхнюю и нижнюю полую вены. Полыя вены открываются въ правое предсердіе, изъ котораго кровь попадаетъ въ правый желудочекъ. Изъ него она, все еще бѣдная кислородомъ, направляется по легочнымъ артеріямъ, дѣлящимися на два главныхъ ствола, къ обоимъ

легкимъ, проходитъ черезъ капиллярную сѣть послѣднихъ, отдавая при этомъ углекислоту и воспринимая кислородъ, и теперь, сдѣлавшись снова артеріальной, возвращается по легочнымъ венамъ обратно къ лѣвому сердцу.

Нижній отдѣлъ нашего схематическаго рисунка обнаруживаетъ еще одну особенность, на которую было уже обращено вниманіе въ гл. 11. Она не имѣетъ никакого отношенія къ процессу дыханія, но представляетъ значеніе для воспринятія и усвоенія пищи. Пищевыя части, переваренныя въ кишечникѣ и сдѣлавшіяся способными къ всасыванію, проходятъ, какъ это было сказано въ гл. 11 § 6 и 7, частью въ кровь, частью въ лимфу. Лимфатическіе пути, идущіе отъ органовъ и отъ кишечника,—въ послѣднемъ случаѣ они называются млечными, — обозначены на рисункѣ черными линіями. Кромѣ того (рис. 91, 6), обозначены артеріи, выходящія изъ нисходящей аорты и снабжающія артеріальною кровью желудочно-кишечный каналъ. Оттекающая отъ послѣдняго венозная кровь не втекаетъ непосредственно въ нижнюю полую вену, а предварительно распредѣляется въ печени вторично по капиллярной сѣти; только выходящія изъ этой сѣти печеночныя вены несутъ кровь, прошедшую черезъ печень, въ нижнюю полую вену.

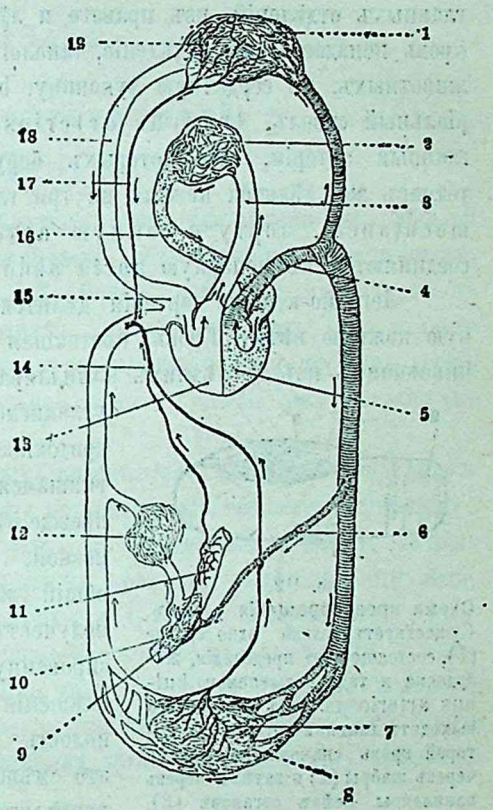


Рис. 91.
Схема кровообращенія у теплокровныхъ. Аорта и ея вѣтви заштрихованы, черныя линіи представляютъ лимфатическую систему (ср. гл. 11 § 6 и 7). 1—капилляры передней (оральной) области тѣла; 2—легочные капилляры; 3—легочныя артеріи (содержатъ венозную кровь); 4—аорта; 5—лѣвый желудочекъ сердца; 6—кишечныя артеріи; 7—(черныя линіи) лимфатическіе сосуды задней (аборальной) области тѣла; 8—капилляры той-же области; 9 кишечный каналъ; 10—капилляры кишечника; 11 (черныя линіи) лимфатическіе (млечные) сосуды кишечника; 12—печеночные капилляры, черезъ которые снова проходитъ вся притекающая отъ кишечника кровь; 13—правый желудочекъ сердца; 14—грудной протокъ, лимфатическій стволъ для лимфы, оттекающей отъ аборальной области тѣла и отъ кишечника; 15—правое предсердіе; 16—легочныя вены (несутъ артеріальную кровь); 17—лимфатическій ходъ, по которому оттекаетъ лимфа отъ оральной области тѣла; 18—верхняя полая вена; 19—лимфатическіе сосуды оральной области тѣла.

Описанная здѣсь схема примѣнима и къ птицамъ. Существеннымъ въ ней представляется то, что кровь при каждомъ своемъ оборотѣ, при каждомъ прохожденіи черезъ замкнутый кругъ, протекаетъ послѣдовательно черезъ двѣ капиллярныя системы, разъ черезъ капилляры тѣла, находящіеся въ органахъ; здѣсь она отдаетъ кислородъ и воспринимаетъ углекислоту; другой разъ черезъ легочные капилляры, въ которыхъ она, наоборотъ, отдаетъ углекислоту и воспринимаетъ кислородъ. При прохожденіи черезъ капилляры тѣла, кровь отдаетъ тканямъ всякаго рода вещества, воспринятыя ею въ то время, когда она протекала черезъ кишечный каналъ, и забираетъ изъ органовъ тѣ тѣла, которыя образовались въ нихъ во время жизненныхъ процессовъ съ тѣмъ, чтобы отнести ихъ къ выдѣлительнымъ органамъ. Приспособленія, служащія этой цѣли у всѣхъ животныхъ, обладающихъ, вообще, замкнутой сосудистой системой, въ существенномъ одни и тѣ же. Встрѣчающіяся различія почти исключительно обусловливаются расположеніемъ дыхательныхъ органовъ. Изъ этого мы видимъ, что кровообращеніе прежде всего приспособлено къ требованіямъ дыхательнаго аппарата или, другими словами, оно всегда такъ устроено, что, рядомъ съ другими отправленіями, газовый обмѣнъ между животнымъ и окружающею его средою можетъ совершаться наиболѣе совершеннымъ образомъ.

13. Кровообращеніе у амфибій и рыбъ. Для разъясненія сказаннаго бросимъ еще

бѣглый взглядъ на нѣкоторыхъ другихъ позвоночныхъ животныхъ, у которыхъ дыхательный аппаратъ устроенъ отлично отъ такового же у млекопитающихъ и птицъ. Мы уже видѣли, какую большую роль играетъ кожа при дыханіи лягушекъ. Въ немъ принимаетъ значительное участіе также ротовая и глоточная полости. По сравненію съ ними значеніе легкихъ гораздо меньше. Сообразно этому, устроены и приспособленія для кровообращенія.

Сердце амфибій, къ которымъ принадлежитъ лягушка, состоитъ только изъ трехъ главныхъ отдѣленій, изъ праваго и лѣваго предсердія и одного желудочка. Изъ послѣдняго кровь попадаетъ въ отдѣленіе, аналогичнаго которому нѣтъ въ сердцѣ млекопитающихъ животныхъ, въ сердечную луковицу, bulbus cordis, изъ которой затѣмъ выходитъ артеріальный стволъ, truncus arteriosus. Послѣдній скоро дѣлится на правую и лѣвую главныя артеріи, отъ которыхъ берутъ начало всѣ артеріи тѣла. Обѣ главныя артеріи тотчасъ же дѣлятся каждая на три главныя вѣтви: легочно-кожную артерію (A. pulmocutanea), аорту и сонную артерію. Обѣ аорты дугообразно загибаются назадъ и соединяются въ непарную aorta abdominalis.

Легочно-кожная артерія дѣлится тотчасъ на болѣе слабую легочную и болѣе сильную кожную вѣтвь. Кровь, протекшая по легочнымъ артеріямъ, ихъ развѣтвленіямъ и возникающимъ изъ послѣднихъ капиллярамъ, обогатившись кислородомъ и освободившись отъ углекислоты, возвращается въ правое предсердіе; кровь же, протекшая черезъ кожную артерію и т. д. и тоже обогатившаяся кислородомъ и освободившаяся отъ углекислоты, прежде чѣмъ попасть въ лѣвое предсердіе, смѣшивается съ венозной, оттекающей отъ органовъ тѣла. Такимъ образомъ, общій желудочекъ, въ который открываются оба предсердія, получаетъ хотя не вполнѣ, но относительно сильно артеризированную кровь. Но въ желудочкѣ не происходитъ полнаго смѣшенія обоихъ родовъ крови, такъ какъ вдающіяся въ полость желудочка мышечныя стѣнки сильно затрудняютъ это смѣшеніе. Вслѣдствіе этого, а также благодаря клапанамъ и раздѣлительнымъ стѣнкамъ въ bulbus и truncus arteriosus, кровь, возвращающаяся отъ органовъ и богатая углекислотой, преимущественно попадаетъ въ art. pulmocutanea, гдѣ она снова можетъ отдать углекислоту и воспринять кислородъ; кровь же, идущая отъ легкихъ и болѣе богатая кислородомъ, большею частью, изъ праваго предсердія попадаетъ въ аорту и сонную артерію, такъ что всѣ органы тѣла снабжаются почти совершенно артеризированною кровью.

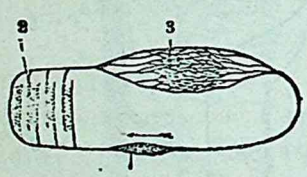


Рис. 92.
Схема кровообращенія у рыбъ. Существуетъ только одно сердце (1), состоящее изъ предсердія, желудочка и такъ называемаго bulbus arteriosus. Изъ послѣдняго выходитъ главная артерія, по которой кровь сначала протекаетъ черезъ жабры (2) и затѣмъ черезъ капилляры всѣхъ органовъ (3), чтобы потомъ по венамъ возвратиться къ сердцу.

По сравненію съ этимъ, очень развитымъ сосудистымъ аппаратомъ кровообращеніе у рыбъ, представленное схематически на рис. 92, очень просто. Сердце состоитъ только изъ одного предсердія и одного желудочка. Вытекающая изъ послѣдняго кровь по артеріямъ направляется къ жабрамъ, отсюда, сдѣлавшись артеріальною, идетъ ко всѣмъ органамъ и затѣмъ возвращается въ предсердіе; изъ него кровь опять попадаетъ въ желудочекъ, чтобы снова начать свой кругооборотъ. Здѣсь, слѣдовательно, мы имѣемъ единственный, въ самомъ себѣ замкнутый кругъ, съ однимъ сердцемъ, но съ двумя другъ за другомъ расположенными капиллярными системами. Въ противоположность этому, млекопитающія и птицы въ дѣйствительности имѣютъ два сердца, правое и лѣвое, только по виду сросшіяся въ одно; одно изъ нихъ предназначено для легочнаго кровообращенія (правое) и одно для кровообращенія черезъ тѣло (лѣвое, ср. рис. 91).

Такъ какъ каждое изъ этихъ сердецъ снабжаетъ только одну капиллярную систему, въ которой оно должно преодолѣть большое сопротивленіе, то скорость теченія можетъ быть здѣсь много больше. Всѣ вышеприведенные примѣры показываютъ, насколько

кровообращеніе прежде всего приспосабливается къ устройству дыхательнаго аппарата. Дыхательная дѣятельность, которая постоянно снабжаетъ ткани кислородомъ и освобождаетъ отъ образующейся угольной кислоты, для жизненныхъ процессовъ настолько важна, что движеніе крови, какъ вспомогательное приспособленіе, должно быть тѣмъ совершеннѣе приспособлено къ этой цѣли, чѣмъ энергичнѣе жизненные процессы.

ПЯТНАДЦАТАЯ ГЛАВА.

Обмѣнъ веществъ у организмовъ.

II. Выдѣленіе и замѣщеніе.

1. Выдѣленіе веществъ. Дыханіе, представляющее, какъ мы видѣли въ прошлой главѣ, общее жизненное явленіе, связано съ постояннымъ потребленіемъ органическаго вещества, составляющаго тѣло живыхъ организмовъ. Кислородъ постоянно проникаетъ въ ткани и соединяется съ составными частями послѣднихъ. Такимъ образомъ, они отчасти потребляются; продукты окисленія должны накопляться въ клѣткахъ или, по мѣрѣ своего образованія, выводиться наружу. О выдѣленіи угольной кислоты было уже сказано въ прошлой главѣ.

Постоянную потерю вѣса у болѣе значительныхъ организмовъ мы можемъ опредѣлить непосредственно путемъ взвѣшиванія, если только эта потеря не выравнивается принятіемъ веществъ извнѣ, что можетъ приводить временно даже къ увеличенію вѣса *). Точныя наблюденія, охватывающія болѣе значительные промежутки времени, показали, что количество кислорода, выдѣляемаго въ видѣ угольной кислоты и другихъ, содержащихъ кислородъ соединеній, равняется количеству принятаго, общее же количество выдѣленій у голодающаго животнаго превосходитъ вѣсъ кислорода. Изъ этого слѣдуетъ, что весь кислородъ, поступившій при дыханіи, соединился внутри животнаго тѣла съ составными частями тканей и что продукты этого соединенія въ свою очередь оставили организмъ, въ видѣ углекислоты и другихъ соединеній, содержащихъ кислородъ.

Мы знаемъ, что ткани построены изъ смѣси протеиновыхъ тѣлъ, углеводовъ, жировъ, воды и солей. При нашемъ теперешнемъ разсмотрѣніи, мы можемъ оставить въ сторонѣ воду и соли, такъ какъ онѣ не въ состояніи воспринимать кислородъ **). Три первыя группы составныхъ частей тканей, отличаемыя отъ двухъ другихъ какъ органическія, состоятъ изъ C, H, O, N, S и P (протеины) или только изъ трехъ первыхъ перечисленныхъ элементовъ (углеводы и жиры). Жиры и углеводы внутри животнаго тѣла окисляются совершенно такимъ же образомъ, какъ это произошло бы и внѣ его при достаточномъ притокѣ кислорода; они при этомъ сполна переходятъ въ углекислоту и воду. Но протеиновыя тѣла не могутъ быть вполнѣ окислены въ животномъ тѣлѣ. Если послѣднія сгораютъ внѣ животнаго тѣла при доступѣ кислорода, то, какъ конечные продукты, образуются углекислота, вода и азотъ. Наоборотъ, при окисленіи, происходящемъ въ животномъ тѣлѣ,

*) Послѣдующія разсужденія относятся почти исключительно къ животнымъ. При дальнѣйшемъ изложеніи этой главы будутъ указаны важныя отличія, существующія у растеній.

**) Кромѣ означенныхъ веществъ, химическій анализъ открываетъ еще незначительныя количества другихъ сложныхъ тѣлъ, далѣе продукты разложенія всѣхъ этихъ веществъ, равно какъ и жировъ и углеводовъ, продукты, возникающіе путемъ жизненныхъ процессовъ и не успѣвшіе еще быть выдѣленными. Такъ какъ первые при окисленіи доставляютъ тѣ же продукты, что и собственно протеиновыя вещества, то ихъ присутствіе не вноситъ никакихъ измѣненій въ послѣдующія разсужденія. Среди солей встрѣчаются также соли органическихъ кислотъ, которыя могутъ воспринимать еще кислородъ, переходя въ карбонаты. Они, при перечисленіи источниковъ происхожденія выдѣляемой угольной кислоты, должны быть приняты во вниманіе.

окисленіе останавливается на болѣе низкой ступени. Протеиновыя тѣла расщепляются на безазотистую группу, дающую, при окисленіи, углекислоту и воду и на содержащую азотъ; послѣдняя, соединяясь съ кислородомъ, переходитъ въ рядъ веществъ, высшею ступенью окисленія которыхъ при условіяхъ, существующихъ въ организмѣ, является мочевина. Поэтому означенныя вещества и находятся въ выдѣленіяхъ.

Мочевина $CO(NH_2)_2$ представляетъ наиболѣе окисленный продуктъ сгоранія въ организмѣ протеиновыхъ веществъ. Но окисленіе идетъ постепенно, послѣдовательно, и нѣкоторыя изъ этихъ предшествующихъ ступеней, у травоядныхъ гиппуровая кислота, далѣе мочевая кислота, креатинъ и др., выдѣляются рядомъ съ мочевиной, въ измѣнчивомъ, но, по большей части, сравнительно съ мочевиной въ очень незначительномъ количествѣ. Если мочевая кислота и ея соли, которыя труднѣе растворимы, чѣмъ мочевина, находятся въ нѣсколько большемъ количествѣ, то выдѣленія принимаютъ часто кашицеобразную форму, какъ это наблюдается, напр., въ мочѣ птицъ и пресмыкающихся. Сѣра и фосфоръ протеиновыхъ веществъ также окисляются и выдѣляются въ различныхъ формахъ, частью какъ сѣрная и фосфорная кислоты (въ связи съ металлами), частью въ соединеніи съ органическими продуктами превращеній. Хотя эти превращенія имѣютъ значеніе для жизненныхъ явленій, однако, разсмотрѣніе ихъ не соотвѣтствуетъ плану нашего изложенія. Количество вводимыхъ и выводимыхъ S и P, по сравненію съ одновременно превращаемыми C, H, O и N, такъ незначительно, что при численномъ выраженіи вещественнаго обмѣна почти не имѣетъ значенія, будемъ-ли мы принимать ихъ въ разсчетъ или нѣтъ.

У организмовъ, живущихъ на сушѣ, углекислота и часть воды выдѣляются легкими, кожей и кишечникомъ; у живущихъ же въ водѣ для выдѣленія угольной кислоты служатъ жабры, кожа и кишечникъ. Выдѣляются ли жабрами или подобными органами (водныя легкія) растворенныя въ водѣ вещества, т.-е. главнымъ образомъ продукты окисленія протеиновыхъ тѣлъ, это неизвѣстно, но, въ виду физическихъ условій, существующихъ въ этихъ органахъ, весьма возможно, что такое выдѣленіе въ нихъ происходитъ. Тамъ, гдѣ нѣтъ никакихъ отдѣльныхъ дыхательныхъ органовъ, а вся протоплазма приходитъ въ непосредственное соприкосновеніе съ водой, какъ это наблюдается у протистовъ и у организмовъ, снабженныхъ гастроваскулярной системой, тамъ одни и тѣ же приспособленія служатъ для газоваго обмѣна и для выдѣленія окисленныхъ, содержащихъ азотъ продуктовъ. Напротивъ, у высшихъ животныхъ для выдѣленія твердыхъ и растворенныхъ веществъ существуютъ особые железистые органы. Прежде всего, въ этомъ отношеніи нужно принять во вниманіе почки. У низшихъ животныхъ, вмѣсто почекъ, находятся простые органы, называемые, смотря по ихъ строенію, водными сосудами, петлевидными каналами или нефридіями. Всѣ они представляютъ, такъ сказать, послѣдовательныя ступени развитія органа, построеннаго по одному и тому же основному плану и предназначеннаго для выдѣленія воды и растворенныхъ въ ней твердыхъ веществъ. Простѣйшія формы такихъ органовъ, т. наз. водные сосуды (протонефридіи, напр., у плоскихъ червей), представляютъ развѣтвленныя трубки, узкія начальныя части которыхъ слѣпо замкнуты и снабжены рѣсничками, приводящими въ движеніе воду, находящуюся въ трубкахъ. Тонкія трубочки, распредѣленныя по всему тѣлу, наконецъ, соединяются въ одинъ или нѣсколько главныхъ стволовъ, открывающихся наружу. Они представляютъ, такъ сказать, дополненіе къ упомянутой въ гл. 14, § 3 гастроваскулярной системѣ. Въ то время какъ послѣдняя рядомъ съ принятіемъ вводимыхъ веществъ обусловливаетъ и отдачу образовавшихся въ самомъ организмѣ, водные сосуды заботятся только о выдѣленіи веществъ, возникающихъ въ тканяхъ. Петлевидные каналы и нефридіи носятъ уже ясный характеръ настоящихъ железъ, какъ онъ опредѣленъ въ гл. 13, § 12. Какъ на примѣръ этого мы сошлемся на планарію, изображенную на рис. 78, у которой рядомъ съ гастроваскулярной системой видны (свѣтло-нарисованныя) нефридіи, открывающіяся на поверхности тѣла многочисленными отверстіями.

2. Количественное изслѣдованіе обмѣна веществъ. У большихъ животныхъ не представляетъ труда собрать всѣ вещества, выдѣленныя за опредѣленный періодъ времени

и изслѣдовать ихъ со стороны ихъ свойствъ и количествъ. При этомъ дѣло идетъ главнымъ образомъ о количественномъ опредѣленіи выдѣленныхъ углерода и азота. Первый, выдѣляемый въ видѣ газообразной углекислоты, частью же въ связанномъ видѣ съ основаніями и въ мочевинѣ, служитъ мѣриломъ суммы окисленныхъ въ организмѣ органическихъ веществъ; азотъ, девять десятыхъ котораго, считая круглымъ числомъ, выдѣляется въ видѣ мочевины, представляетъ мѣру окисленія содержащихъ азотъ составныхъ частей тканей, особенно протеиновыхъ веществъ. Въ выдѣленной угольной кислотѣ, по большей части, находится нѣсколько меньше кислорода, чѣмъ было принято его съ воздухомъ при дыханіи благодаря тому, что часть его внутри организма идетъ на образованіе воды и мочевины. Точное опредѣленіе воды, образовавшейся въ теченіе опредѣленнаго времени, невозможно, такъ какъ выдѣляемая вода большею своею частью имѣетъ источникомъ происхожденія воду, пропитывающую ткани или принятую съ пищей.

Потери организма, обусловливаемыя жизненными процессами, могутъ быть болѣе или менѣе полно покрыты принятіемъ пищи. Изслѣдованія показали, что животныя для сохраненія своей жизни должны принимать съ пищей вещества, входящія въ составъ ихъ тканей, а именно протеиновыя вещества, углеводы и жиры, воду и соли. Такъ какъ вода и соли оставляютъ организмъ въ томъ-же количествѣ и почти съ тѣмъ-же составомъ, какъ онѣ были приняты, то остается изслѣдовать, что происходитъ съ тремя группами органическихъ веществъ во время ихъ нахожденія въ животномъ тѣлѣ. Однако, при нашемъ разсмотрѣніи мы оставимъ пока безъ вниманія всѣ тѣ процессы, которые протекаютъ отъ момента поступленія веществъ въ ротовую полость вплоть до ихъ выдѣленія, а только лишь количественно сравнимъ между собою введенныя и выдѣленныя вещества. Вопросъ о томъ, гдѣ и при посредствѣ какихъ воздѣйствій происходитъ химическое превращеніе введенныхъ веществъ, будетъ разсмотрѣнъ позднѣе *).

Подобные опыты можно производить на какомъ-нибудь животномъ, на собакѣ, напр., опредѣляя въ теченіе двадцати четырехъ часовъ всѣ ея выдѣленія и, вводя ей снова съ пищей тѣ вещества, которыя были потеряны ею за это время. Въ концѣ опытнаго періода оказывается, что въ отношеніи количества углерода, азота и т. д. животное находится въ томъ-же положеніи, какъ и въ началѣ. Продолжая изслѣдованіе, можно животное долгое время удержать въ опредѣленномъ положеніи. Если опредѣляется со стороны качества и количества все, принимаемое животнымъ и все, имъ выдѣляемое, то этимъ изслѣдуется то, что мы называемъ обмѣномъ веществъ.

3. Вещественное равновѣсіе. То, что мы, на самомъ дѣлѣ, опредѣляемъ въ подобныхъ опытахъ, представляетъ съ одной стороны общую сумму углерода, азота, солей и воды, выдѣляемыхъ животнымъ, съ другой—количества тѣхъ-же веществъ, принимаемыхъ съ пищей. Если общій вѣсъ животнаго остается безъ измѣненія, то мы принимаемъ, что принятыя съ пищей вещества замѣстили составныя части тѣла, потребленныя при совершеніи имъ жизненныхъ отправленій, т.-е., что въ состояніи животнаго тѣла ничего не измѣнилось **). Мы говоримъ тогда, что животное находится въ вещественномъ равновѣсіи. Но такъ какъ безазотистыя пищевыя вещества не могутъ служить для замѣщенія азотистыхъ составныхъ частей тканей, то должно опредѣлить отдѣльно, отвѣчаетъ-ли количество принятаго азота находимому въ выдѣленіяхъ, а также отвѣчаетъ-ли все количество

---

*) Лавуазье, первый ясно высказавшій, что вдыхаемый кислородъ служитъ для окисленія составныхъ частей тѣла, предполагалъ, что окисленіе происходитъ въ крови, тотчасъ по принятіи ею кислорода въ легкихъ. Но мы теперь знаемъ, что процессъ этотъ происходитъ постепенно и длительно подъ вліяніемъ живой протоплазмы во всѣхъ тканяхъ.

**) Это впрочемъ не вполнѣ точно. Такъ, напр., если количество находящихся въ животномъ тѣлѣ углеводовъ уменьшилось, а жировъ стало больше, количество же принятаго углерода равняется количеству выдѣленнаго, то это измѣненіе не можетъ быть точно установлено.

углерода пищи количеству его въ выдѣленіяхъ. Если имѣетъ мѣсто первый случай, то говорятъ объ азотистомъ равновѣсіи; если же оба, то объ общемъ равновѣсіи.

Эти опыты распадаются на опредѣленіе газоваго обмѣна, охватывающаго принятіе кислорода и выдѣленіе углекислоты и паровъ воды и на опредѣленіе остального вещественнаго обмѣна, касающагося принятія твердыхъ и жидкихъ веществъ и отдачи ихъ въ выдѣленіяхъ. Та часть пищи, которая оставляетъ пищеварительный каналъ непереваренной и къ которой примѣшивается часть изливающихся въ кишечникъ секретовъ (желчь и др.), равно какъ и слущивающійся кишечный эпителій и т. д., далѣе теряемыя части тѣла (волоса и т. п.) должны быть заботливо принимаемы во вниманіе. Точные опыты съ обмѣномъ представляютъ высокія требованія терпѣнію и ловкости экспериментатора.

Опыты этого рода показали, что потери азота могутъ быть покрыты только черезъ принятіе съ пищею протеиновыхъ веществъ, въ особенности бѣлковъ. Если они вовсе не доставляются, или доставляются въ слишкомъ маломъ количествѣ, то вѣсъ тѣла падаетъ непрерывно, если даже прочія составныя части пищи принимаются въ избыткѣ, и, животное, наконецъ, умираетъ. Для каждаго животнаго существуетъ извѣстный минимумъ протеиновыхъ веществъ, который безусловно долженъ заключаться въ составѣ его пищи, чтобы жизнь животнаго могла продолжаться. Если принимается больше, то и это увеличенное количество разрушается (предполагая, что вещества эти переварены и всосаны), причемъ соотвѣтственное количество азота появляется въ выдѣленіяхъ. Мы можемъ изъ этого заключить, что извѣстное количество протеиновыхъ тѣлъ, являющихся главнѣйшими составными частями тканей, во время жизненныхъ процессовъ непрерывно распадается и должно быть замѣщаемо новымъ введеніемъ ихъ. Какое значеніе имѣетъ окисленіе бо́льшихъ количествъ протеиновыхъ веществъ, принимаемыхъ съ пищею и выходящихъ за предѣлы наименьшей потребности, въ этомъ отношеніи мнѣнія физіологовъ еще не вполнѣ ясны.

Принимаемыя съ пищею протеиновыя тѣла содержатъ также углеродъ и водородъ. Послѣдніе элементы въ той части, которая не вошла въ составъ органическихъ выдѣленій, оставляютъ тѣло въ видѣ углекислоты и воды. Но бо́льшая часть послѣднихъ образуется при сгораніи углеводовъ и жировъ, которые должны быть доставлены съ пищею вмѣстѣ съ протеинами и притомъ въ такомъ количествѣ, чтобы всѣ они, вмѣстѣ взятые, покрывали содержаніе углерода въ выдѣленіяхъ *). При этомъ углеводы и жиры могутъ замѣщать другъ друга, такъ-что увеличенное принятіе первыхъ влечетъ за собою сбереженіе послѣднихъ и обратно. Въ выборѣ того или другого рода пищи играютъ главную роль привычка и большая или меньшая доступность ея. Изъ питанія людей и домашнихъ животныхъ, по отношенію къ которымъ мы естественно обладаемъ наибольшими наблюденіями, выяснилось, что смѣшиваніе этихъ двухъ группъ съ умѣренными колебаніями ихъ относительныхъ количествъ представляется наиболѣе выгоднымъ, чѣмъ сохраненіе постоянныхъ отношеній между ними.

4. Питаніе растеній. Итакъ, всѣ животныя могутъ питаться только готовыми органическими веществами (протеиновыми тѣлами, углеводами, жирами). Необходимые для нихъ, кромѣ того, вода, соли и кислородъ для дыханія встрѣчаются въ природѣ въ такомъ изобиліи, что при обыкновенныхъ условіяхъ недостатка въ нихъ не бываетъ. Но животныя могутъ получить органическія вещества, только поѣдая другихъ животныхъ или растенія. Но такъ какъ поѣдаемыя животныя сами питаются растеніями, то, въ концѣ концовъ, вся

*) Питаніе одними протеиновыми веществами было бы возможно только въ томъ случаѣ, если бы они могли быть принимаемы и перевариваемы въ такихъ количествахъ, которыя покрывали бы всю потребность въ углеродѣ. Но въ такомъ случаѣ вводилось бы азота много больше, чѣмъ это требуется для сохраненія азотистаго равновѣсія. Въ дѣйствительности такого питанія никогда не встрѣчается, такъ какъ даже настоящія плотоядныя принимаютъ съ мясомъ жиръ и нѣкоторое количество углеводовъ.

животная пища доставляется растительнымъ царствомъ. Поэтому, мы теперь посмотримъ, какимъ образомъ растенія непрерывно производятъ громаднѣйшія количества протеиновыхъ веществъ, углеводовъ и жировъ,—веществъ, необходимыхъ для питанія безчисленнаго количества животныхъ, населяющихъ землю.

Всякое высшее растеніе состоитъ изъ корня, стебля и листьевъ. Оно образуется изъ сѣмени, обыкновенно въ почвѣ. Однако, первыя стадіи развитія могутъ протекать также и во влажномъ воздухѣ, и тогда оно дѣлается болѣе доступнымъ наблюденію. Существенными частями сѣмени являются зародышъ или ростокъ, питательныя вещества (запасныя вещества) и оболочка. Зародышъ (рис. 93 *A*) содержитъ уже предобразованными главныя части будущаго растенія, а именно, стеблевую часть (*h*), корешокъ (*r*) и зародышевые листки или сѣмедоли (*c*); *v* представляетъ такъ называемый конусъ нарастанія, изъ котораго исходитъ ростъ стебля. Если сѣмя достаточно пропитано влагой и окружающая температура не слишкомъ низка, то начинается прорастаніе, причемъ корешокъ растетъ книзу, стебель же вытягивается кверху, а сѣмедоли развертываются въ видѣ листьевъ. Всѣ явнобрачныя растенія развиваются именно такимъ образомъ; нѣкоторыя изъ нихъ имѣютъ только одну сѣмедолю и называются поэтому однодольными; другія имѣютъ ихъ двѣ и носятъ названіе двудольныхъ.

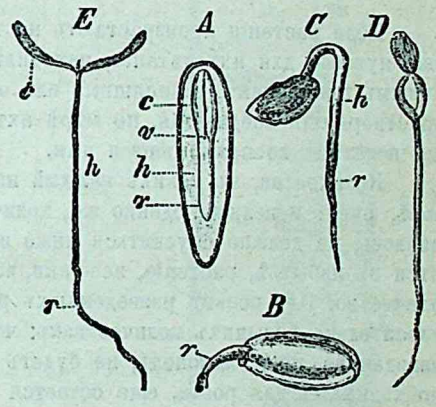


Рис. 93.

Прорастаніе сѣмени. *A*—продольный разрѣзъ черезъ зрѣлое сѣмя; *B* – *E*—различныя стадіи прорастанія; *c* – сѣмедоли: *h* – стебель зародыша; *r* – корешокъ; *v* – конусъ нарастанія стебля. Въ *B* – прорастаніе началось, корешокъ уже появился и загнулся внизъ. Далѣе начинается ростъ стеблевой части зародыша, и, наконецъ, разъвертываются сѣмедоли, послѣ того какъ оболочка сѣмени лопается.

Во время прорастанія сѣмя не принимаетъ извнѣ ничего, кромѣ воды и кислорода. Все необходимое для роста корешка и стебля доставляется запасными веществами. Поэтому общее количество плотныхъ веществъ, находящихся въ прорастающемъ растеніи, становится всегда меньшимъ, чѣмъ оно было въ покоющемся сѣмени, такъ какъ извѣстная часть запасныхъ веществъ сѣмени потребляется при дыханіи. Итакъ, зародышъ развивается прежде всего на счетъ тѣхъ веществъ, которыя доставлены ему материнскимъ растеніемъ въ видѣ запасныхъ веществъ сѣмени. Но какъ только корень и первые листья прорастающаго растенія достигли извѣстнаго развитія, оно пріобрѣтаетъ способность расти дальше уже самостоятельно, при томъ, конечно, условіи, если нужныя для его роста вещества доставляются ему извнѣ.

Съ цѣлью изученія тѣхъ условій, при которыхъ растеніе можетъ расти, пользуются такъ называемыми водными культурами. При этомъ ростокъ, стебель котораго соотвѣтственно укрѣпленъ въ пробкѣ или картонѣ, помѣщается въ стеклянный сосудъ, наполненный водою такимъ образомъ, что корни его погружаются въ воду. Чтобы прорастающее растеніе не захирѣло, а развилось, какъ слѣдуетъ, вода должна содержать въ опредѣленныхъ соединеніяхъ слѣдующіе элементы: азотъ, сѣру, фосфоръ, калій, кальцій, магній и желѣзо.

Повидимому, желѣзо необходимо для всѣхъ растеній. Нѣкоторые грибы не нуждаются въ кальціи. Другія вещества, хотя и не безусловно необходимыя, могутъ, однако, усиливать ростъ; иныя въ свою очередь являются полезными для нѣкоторыхъ цѣлей, напр., кремневая кислота придаетъ крѣпость покровнымъ клѣткамъ, именно у злаковъ. Морскія растенія накопляютъ въ себѣ много натрія и іода; слѣды іода содержатъ также и наземныя растенія. Нѣкоторыя содержатъ цинкъ, если они растутъ на содержащей цинкъ, такъ называемой гальмеевой почвѣ (*Viola lutea*); въ другихъ встрѣчается алюминій (виноградная лоза); вообще же, только выше перечисленные элементы безусловно необходимы для жизни растеній.

Питательные растворы, подходящіе для водныхъ культуръ, могутъ быть составлены различнымъ образомъ. Если они содержатъ только тѣ вещества, которыя безусловно необходимы для питанія растеній, то эти послѣднія произрастаютъ въ нихъ одинаково хорошо. Примѣрами могутъ служить два такихъ раствора, которые примѣняются съ успѣхомъ для питанія растеній въ теченіе продолжительнаго времени. Въ 4 литрахъ воды растворяютъ:

		Растворъ I	Растворъ II
Калійной селитры	KNO_3	4 grm	1 grm
Поваренной соли	$NaCl$	1 grm	—
Гипса (сѣрнокислаго кальція)	$CaSO_4$	1 grm	—
Сѣрнокислаго магнія	$MgSO_4$	1 grm	1 grm
Фосфорнокислаго кальція	$Ca_3P_2O_8$	1 grm	—
Азотнокислаго кальція	CaN_2O_6	—	4 grm
Кислаго фосфорнокислаго кали	KH_2PO_4	—	1 grm
Полуторохлорнаго желѣза	Fe_2Cl_6	Нѣсколько капель	—
Сѣрнокислой закиси желѣза	$FeSO_4$	—	Нѣсколько капель
Фосфорной кислоты	H_3PO_4	Нѣсколько капель	—

Если растенія произрастаютъ на твердой почвѣ, то не безусловно необходимо, чтобы вещества, нужныя для ихъ питанія, находились въ почвѣ въ растворенномъ состояніи. Благодаря различнымъ процессамъ, зависящимъ или отъ самихъ корней, или отъ другихъ условій, нѣкоторыя нерастворимыя соединенія, по мѣрѣ ихъ потребности для растенія, превращаются въ растворимыя и затѣмъ воспринимаются ими.

Количества, въ какихъ каждый изъ необходимыхъ элементовъ долженъ находиться въ растворѣ, очень невелики, однако же, количество каждаго изъ нихъ, чтобы растеніе хорошо развивалось, не должно спускаться ниже извѣстнаго минимума. Если одно изъ нихъ или всѣ находятся въ избыткѣ, растеніе, все-таки, воспринимаетъ лишь незначительное, необходимое для него количество. Изъ весьма разведенныхъ растворовъ растворенныя вещества воспринимаются въ относительно большихъ количествахъ; черезъ это и безъ того слабый растворъ дѣлается еще разведеннѣе, пока, наконецъ, не будетъ достигнутъ предѣлъ, при которомъ поглощеніе веществъ, необходимыхъ для роста, еще остается возможнымъ.

5. Новообразованіе органическихъ соединеній въ растеніяхъ. При сжиганіи растеній, выращенныхъ въ вышеописанныхъ культурахъ, снова находятъ въ золѣ всѣ тѣ минеральныя вещества, которыя были усвоены растеніемъ изъ воды. Но вѣсъ растенія возрастаетъ въ гораздо большей степени, чѣмъ это соотвѣтствуетъ количеству поглощенныхъ минеральныхъ веществъ и воды (за вычетомъ выдѣленной въ воздухъ). Этотъ избытокъ обусловливается новообразованіемъ въ растеніи органическихъ веществъ.

Такъ какъ послѣднія состоятъ изъ углерода, водорода и кислорода, или изъ этихъ элементовъ и еще изъ азота, сѣры и фосфора, то ясно, что водородъ и кислородъ, какъ составныя части воды, поглощенныя корнями растеній, должны соединиться внутри него съ углеродомъ, а затѣмъ сѣрою и фосфоромъ. Азотъ, сѣра и фосфоръ поглощаются корнями, но углеродъ совершенно отсутствовалъ въ водѣ, употребленной для культуры. Можно точно установить, что прибавка растворимыхъ углеродистыхъ соединеній къ водѣ, поглощаемой корнями растеній, не оказываетъ никакого ускоряющаго вліянія на ростъ большинства растеній.

Итакъ, необходимо выяснить, откуда берется въ растеніяхъ тотъ углеродъ, который идетъ на образованіе въ нихъ органическихъ соединеній. Твердо установлено, что растенія поглощаютъ изъ воздуха углекислоту и расщепляютъ ее, причемъ кислородъ обратно выдѣляется, между тѣмъ какъ углеродъ внутри растеній соединяется съ другими элементами, образуя углеводы, жиры и протеиновыя вещества.

6. Выдѣленіе растеніями кислорода. Выдѣленіе растеніями кислорода можно обнаружить слѣдующимъ образомъ: нѣсколько длинныхъ, тонкихъ водныхъ растеній (Elodea canadensis или Chara fragilis вполнѣ пригодны для этой цѣли) корневыми концами кверху помѣщаются въ высокій стеклянный цилиндръ, наполненный водою. Концы эти обрѣзываются, и обрѣзанныя поверхности помѣщаются въ стеклянную трубку, замкнутую на

одномъ концѣ (а именно, обращенномъ кверху) и наполненную водою, причемъ нижній открытый конецъ ея погружается въ воду цилиндра. Изъ концовъ разрѣза начинаютъ выдѣляться пузырьки, собирающіеся въ трубкѣ. Какъ только соберется достаточное количество газа, можно доказать, что выдѣленный газъ—кислородъ, для этого достаточно погрузить въ него тлѣющую лучинку, которая тотчасъ же загорится яркимъ пламенемъ.

Подобный опытъ можно произвести также съ листьями лиственныхъ деревьевъ или съ какими-либо другими наземными растеніями. Листья помѣщаются въ воду, послѣдняя тщательно перемѣшивается стеклянною палочкою, чтобы, по возможности, удалить приставшій воздухъ. Затѣмъ надъ листьями помѣщается въ опрокинутомъ положеніи (также погруженная въ воду) воронка; надъ нею наставляется стеклянная, замкнутая сверху трубка, выполненная водою; въ этой-то трубкѣ черезъ горлышко воронки и собирается кислородъ, выдѣляемый листьями.

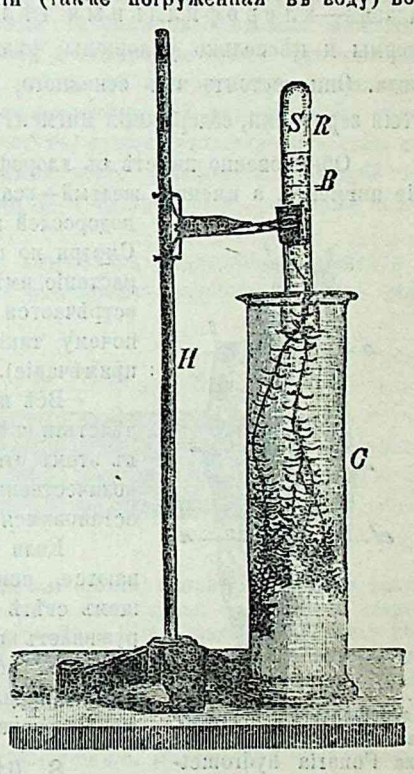


Рис. 94.

Выдѣленіе зелеными растеніями кислорода. Обрѣзанное водное растеніе, Elodea canadensis, помѣщено въ наполненный водою цилиндръ вершкой внизъ; обрѣзанный конецъ введенъ въ трубку, наполненную водою и опущенную въ цилиндръ. Изъ разрѣза поднимаются пузырьки *B*, которые собираются въ *S*, въ верхнемъ концѣ трубки. Изслѣдованіе собраннаго газа показываетъ, что онъ состоитъ изъ кислорода.

Чтобы произвести болѣе точное опредѣленіе количества разлагаемой угольной кислоты, помѣщаютъ листъ въ стеклянную трубку, сверху закрытую (эвдіометръ, см. гл. 8-я рис. 25), а нижнимъ концомъ погруженную въ ртуть. Трубка наполнена извѣстнаго состава смѣсью, состоящею изъ угольной кислоты и атмосфернаго воздуха. Спустя нѣкоторое время послѣ начала опыта опредѣляютъ измѣненія состава этой смѣси. Такимъ путемъ было найдено, что количество угольной кислоты, разложенной въ единицу времени, зависитъ отъ величины поверхности листа, интенсивности свѣта и температуры. Листья различныхъ растеній производятъ различное дѣйствіе, но у листьевъ однихъ и тѣхъ же растеній разложеніе совершается прямо пропорціонально величинѣ поверхности листа; оно возрастаетъ съ усиленіемъ свѣта, сначала весьма скоро, потомъ медленнѣе. Температура должна оставаться въ извѣстныхъ границахъ; при слишкомъ низкой температурѣ, равно какъ при слишкомъ высокой, разложеніе углекислоты прекращается. Для каждаго рода растеній существуетъ опредѣленная температура, при которой разложеніе совершается наиболѣе интенсивно.

При наполненіи эвдіометра чистою угольною кислотою разложеніе идетъ очень медленно, но если понизить ея давленіе, то разложеніе усиливается. Еще болѣе усиливаетъ разложеніе прибавка кислорода или атмосфернаго воздуха. Присутствіе свободнаго кислорода не безусловно необходимо, пока внутри растенія еще находится нѣкоторое количество его; но если лишить растеніе кислорода на болѣе продолжительное время, то разложеніе угольной кислоты прекращается.

Интенсивность выдѣленія кислорода можно опредѣлить приблизительно, если при выше описанной постановкѣ опыта (рис. 94) считать число выдѣляющихся въ единицу времени пузырьковъ кислорода.

Если при этихъ опытахъ растенія переносятъ на яркій свѣтъ, то наблюдается обильное выдѣленіе кислорода, еще обильнѣе происходитъ оно при полномъ солнечномъ освѣщеніи. Въ темнотѣ выдѣленіе кислорода совершенно прекращается. Опытъ удается только съ зелеными частями растеній. Незеленыя части растеній, равно какъ растенія, вообще, лишенныя зеленой окраски (напр., грибы), не выдѣляютъ вовсе кислорода. Онѣ дышатъ, какъ это было выяснено въ предыдущей главѣ, § 5, какъ всякая живая протоплазма, т.-е. онѣ поглощаютъ кислородъ и выдѣляютъ угольную кислоту. То же самое дѣлаютъ и зе-

леныя части растеній; но у нихъ этотъ процессъ можно доказать только въ темнотѣ, потому что при освѣщеніи (одновременно съ этимъ) совершается противоположный процессъ. Итакъ, мы видимъ, что разложеніе угольной кислоты, сопровождаемое выдѣленіемъ кислорода, связано съ двумя условіями: съ зеленою окраской растеній и съ наличностью свѣта.

7. Хлорофиллъ. При изслѣдованіи зеленыхъ частей растеній, въ нихъ находятъ, главнымъ образомъ, въ клѣткахъ, лежащихъ непосредственно подъ эпителіемъ и подвергающихся прежде всего дѣйствію падающаго свѣта, зеленыя тѣльца, заложенныя въ протоплазмѣ—хлорофиллъныя тѣльца. Они, большею частью, круглой или эллиптической формы и нѣсколько уплощены; рѣже (только у низшихъ водорослей) они бываютъ другого вида. Они состоятъ изъ основного, неокрашеннаго вещества, въ которомъ находятся маслянистыя зернышки, содержащія пигментъ. Этотъ зеленый пигментъ называется хлорофилломъ.

Обыкновенно вмѣстѣ съ хлорофилломъ находятъ, въ меньшихъ количествахъ, еще два другіе пигмента, а именно желтый—ксантофиллъ, и желто-красный—каротинъ. У нѣкоторыхъ водорослей встрѣчаются также бурые, голубые и красные пигменты. Смотря по преобладанію того или другого изъ названныхъ пигментовъ, растеніе имѣетъ ту или другую окраску. Въ нѣкоторыхъ бактеріяхъ встрѣчается пурпурово-красное вещество,—бактеріопурпуринъ, почему такія бактеріи называются пурпуробактеріями (см. стр. 231, примѣчаніе).

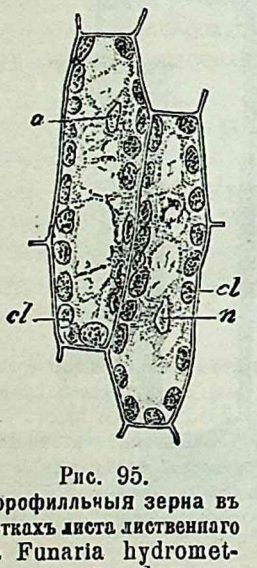


Рис. 95. Хлорофилльныя зерна въ клѣткахъ листа лиственнаго мха Funaria hydrometrica. *n* — ядро, *cl* — хлорофилльныя тѣльца.

Всѣ пигменты листьевъ обладаютъ способностью разлагать, при дѣйствіи свѣта, угольную кислоту. Такъ какъ хлорофиллъ дѣйствуетъ въ этомъ отношеніи наиболѣе интенсивно и такъ какъ онъ является, въ количественномъ отношеніи, преобладающимъ пигментомъ, то мы и остановимся на немъ.

Если настаивать зеленыя листья спиртомъ, то они обезцвѣчиваются, спиртъ же окрашивается въ зеленый цвѣтъ *). При падающемъ свѣтѣ получаемый такимъ образомъ спиртовый растворъ обнаруживаетъ красно-бурую флуоресценцію. Микроскопическое изслѣдованіе листьевъ, обработанныхъ спиртомъ, показываетъ, что хлорофилловыя тѣльца не измѣнили своей формы, но только обезцвѣтились. Эти пигменты растворимы также въ эѳирѣ, сѣроуглеродѣ и пр.

8. Дѣйствіе различнаго рода свѣта. Цвѣтныя стекла или растворы красящихъ веществъ пропускаютъ черезъ себя только извѣстную часть лучей солнечнаго свѣта, другую же болѣе или менѣе полно поглощаютъ. Такъ, концентрированный амміачный растворъ гидрата окиси мѣди пропускаетъ синіе и фіолетовые лучи, поглощая въ то же время красные, желтые и большую часть зеленыхъ. Насыщенный растворъ двухромовокислаго калія поглощаетъ, напротивъ, всѣ синіе и фіолетовые лучи и пропускаетъ красные, желтые и часть зеленыхъ. Итакъ, примѣняя оба эти раствора, можно дѣлить, такъ сказать, пополамъ ту часть лучей солнечнаго свѣта, которая воспринимается нашимъ глазомъ: съ помощью одного раствора можно погашать одни изъ этихъ лучей, при помощи другого—другіе.

Если помѣстить растеніе въ стеклянный сосудъ, поставить этотъ послѣдній въ болѣе широкій и промежуточное пространство заполнить растворомъ двухромовокислаго калія, то растеніе будетъ получать только красные, желтые и отчасти зеленые лучи солнечнаго свѣта. Если рядомъ поставить другой, подобный аппаратъ, промежуточное пространство котораго заполнить амміачнымъ растворомъ гидрата окиси мѣди, то это растеніе будетъ получать только синіе, фіолетовые и отчасти зеленые лучи солнечнаго свѣта. Въ первомъ случаѣ окажется, что разложеніе растеніемъ углекислоты совершается только немного

*) Къ спирту лучше прибавлять немного эѳира, чтобы растворить воскообразный налетъ, весьма часто встрѣчающійся на листьяхъ (гл. 13, § 11). Хлорофиллъ легче извлекается, если листья предварительно обварить горячею водою.

слабѣе (а именно на $^1/_{10}$), чѣмъ при обыкновенномъ солнечномъ освѣщеніи; во второмъ оно происходитъ въ слабой степени (равняется приблизительно 5% того, что наблюдается въ бѣломъ свѣтѣ).

Чтобы точнѣе установить, какіе лучи солнечнаго свѣта производятъ сильнѣйшее дѣйствіе на разложеніе углекислоты, пользуются для опытовъ нитчатыми водорослями. Ихъ наблюдаютъ подъ микроскопомъ, освѣщая ихъ съ помощью призмы такимъ образомъ, чтобы отдѣльныя части нити были освѣщены различными лучами спектра. Для количественной оцѣнки выдѣленія кислорода служатъ нѣкоторыя аэробныя бактеріи, которыя находятся въ наблюдаемой каплѣ воды вмѣстѣ съ водорослью. Какъ мы уже видѣли въ главѣ 14, § 4, извѣстныя бактеріи устремляются туда, гдѣ имѣется наиболѣе свободнаго кислорода, а именно тѣ бактеріи, которыя наиболѣе въ немъ нуждаются. Если каплю воды съ такими бактеріями и водорослью помѣстить сначала въ темноту, а затѣмъ внезапно подвергнуть ихъ дѣйствію свѣта, то бактеріи представляются сначала распредѣленными болѣе или менѣе равномѣрно, но скоро затѣмъ онѣ устремляются туда, гдѣ, вслѣдствіе энергическаго выдѣленія кислорода, онѣ могутъ лучше удовлетворить свою въ немъ потребность. При умѣренно сильномъ освѣщеніи больше всего скопляется бактерій въ красной части спектра, между фраунгоферовыми линіями B и C; при болѣе сильномъ освѣщеніи онѣ направляются къ фіолетовому концу спектра.

Если пропустить солнечный свѣтъ черезъ растворъ хлорофилла подходящей крѣпости и въ слоѣ достаточной толщины, то тѣ лучи спектра, которые оказываютъ наиболѣе сильное дѣй-

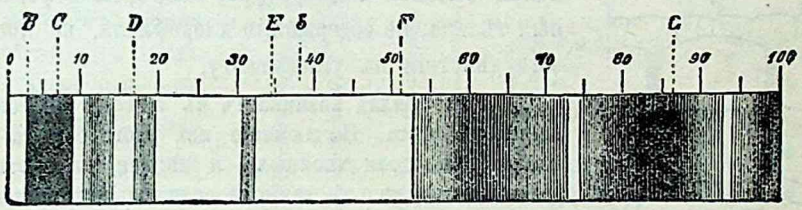


Рис. 96.

Спектръ поглощенія хлорофилла. Въ спектрѣ, получаемомъ съ помощью призмы, указано расположеніе фраунгоферовыхъ линій (отъ B до G). Если помѣстить между источникомъ свѣта и щелью спектроскопа спиртовый растворъ хлорофилла, то появляются темныя полосы поглощенія. При болѣе концентрированныхъ растворахъ хлорофилла наиболѣе преломляющаяся часть спектра (отъ линіи F до G) совершенно затемняется. На рисункѣ эта часть спектра представляется такою, какою она является при употребленіи болѣе или менѣе разведенныхъ растворовъ хлорофилла.

ствіе на зеленыя части растеній, претерпѣваютъ наибольшее поглощеніе. Въ спектрѣ проходящаго свѣта получается при этихъ условіяхъ темная полоса поглощенія, простирающаяся вправо отъ линіи B и заходящая нѣсколько за линію C. На другихъ мѣстахъ имѣется болѣе слабое поглощеніе; наиболѣе преломляющіеся лучи спектра, а именно часть спектра, простирающаяся отъ синихъ лучей вплоть до фіолетовыхъ, является также болѣе или менѣе затемненною. Если растворъ крѣпче или слой его толще, то вся правая половина спектра можетъ быть совершенно затемнена.

Итакъ, мы видимъ, что всѣ части видимаго нами солнечнаго спектра могутъ способствовать разложенію углекислоты, на что тѣ лучи его, которые хлорофилломъ поглощаются наиболѣе интенсивно, являются и наиболѣе сильно дѣйствующими въ этомъ отношеніи *).

Если растеніе подвергается дѣйствію солнечнаго свѣта, то это дѣйствіе распространяется прежде всего на тѣ хлорофилльныя зерна, которыя лежатъ наиболѣе поверхностно, такъ что они начинаютъ интенсивно разлагать угольную кислоту. Въ лучѣ, послѣ прохожденія его черезъ эти тѣльца, часть, соотвѣтствующая спектру между линіями B и C, а именно красные лучи, оказываются сильно ослабленными, вслѣдствіе поглощенія ихъ хлорофилльными зернами. Если бы другіе лучи спектра не оказывали никакого дѣйствія на разложеніе угольной кислоты, то глубже заложенные хлорофилльные слои не производили бы никакого разложенія. Въ такомъ случаѣ было бы все равно, есть ли подъ верхнимъ слоемъ еще хлорофиллъ, или его нѣтъ. Но такъ какъ менѣе поглощаемые желтые и зеленые лучи

*) Такъ какъ другіе, вышеназванные пигменты, встрѣчающіеся въ листьяхъ, поглощаютъ различные лучи солнечнаго спектра нѣсколько иначе, чѣмъ хлорофиллъ, то въ спектрѣ мѣсто наибольшаго дѣйствія можетъ быть нѣсколько сдвинуто или вправо или влѣво.

спектра, въ особенности первые до линіи *D*, производятъ извѣстное дѣйствіе, хотя болѣе слабое, чѣмъ красные, то и болѣе глубокіе слои хлорофилла могутъ участвовать въ разложеніи углекислоты.

Все-таки изъ сказаннаго слѣдуетъ, что главное дѣйствіе въ разложеніи углекислоты принадлежитъ поверхностнымъ слоямъ хлорофилла. Такъ какъ интенсивность, съ какою совершается это разложеніе, зависитъ отъ силы свѣта, падающаго на растеніе, то интересно видѣть, какъ мѣняется расположеніе хлорофилльныхъ зеренъ, въ клѣткахъ растеній, въ зависимости отъ измѣненій силы свѣта. На рис. 97 представлено расположеніе этихъ зеренъ въ клѣткахъ воднаго растенія ряски (*Lemna trisulca*); на рис. 97 *T* дано расположеніе ихъ при умѣренномъ дневномъ освѣщеніи, *S* - при сильномъ, прямомъ дѣйствіи солнечнаго свѣта; *N*—при весьма слабомъ освѣщеніи и въ теченіе ночи.

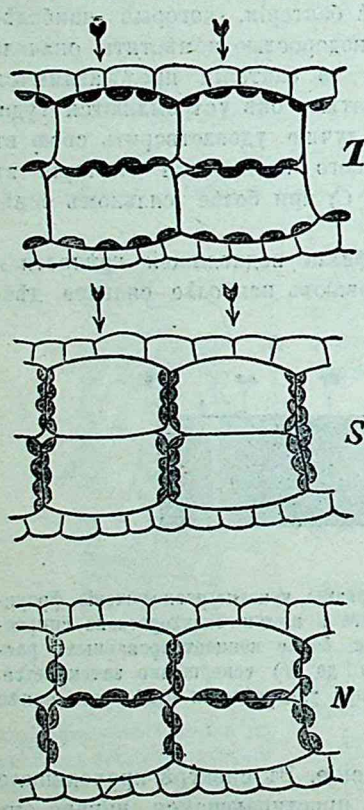


Рис. 97.
Измѣненія положенія хлорофилльныхъ зеренъ. Клѣтки ряски (*Lemna trisulca*) при различномъ освѣщеніи. Стрѣлки указываютъ направленіе падающаго свѣта. *T*—при разсѣянномъ дневномъ свѣтѣ, *S*—при солнечномъ свѣтѣ, *N*—ночью.

9. Возникновеніе и исчезаніе хлорофилла. Хлорофиллъ возникаетъ внутри растительныхъ клѣтокъ изъ живой протоплазмы ихъ, и дѣятельность его связана съ жизнью этой послѣдней. Все, что нарушаетъ жизненныя свойства ея, будетъ ли это нарушеніе кратковременное или продолжительное, подавляетъ также и специфическое дѣйствіе хлорофилла, напр., высокая температура, эѳиръ, хлороформъ. Хлорофилльныя тѣльца, не содержащія хлорофилла, не производятъ никакого дѣйствія на углекислоту.

Хлорофиллъ возникаетъ въ живомъ растеніи только подъ вліяніемъ свѣта. Исключеніе изъ этого общаго правила составляютъ сѣмедоли хвойныхъ и листья папоротниковъ, которыя зеленѣютъ также и въ темнотѣ, если только температура достаточно высока. Во всѣхъ другихъ растеніяхъ, способныхъ образовывать хлорофиллъ, тѣльца хлорофилльныя могутъ возникать и въ отсутствіи свѣта, но онѣ остаются тогда безцвѣтными. Поэтому, всѣ подземныя части растеній, какъ напр. корни, никогда не бываютъ зелеными. Надземныя части, какъ стебель и листья остаются при выращиваніи ихъ въ темнотѣ блѣдно-желтаго цвѣта, они дѣлаются этіолированными. При этомъ ростъ ихъ часто совершается ускоренно, въ особенности вытягивается въ длину стебель. У нѣкоторыхъ растеній образованіе хлорофилла распространяется только на отдѣльныя мѣста, такъ-что листья пріобрѣтаютъ полосатый или пятнистый видъ. Наконецъ, для образованія хлорофилла необходима не слишкомъ низкая температура и присутствіе какой-либо растворимой соли желѣза, хотя бы въ весьма незначительномъ количествѣ. Если желѣзо совершенно отсутствуетъ, то позеленѣнія не происходитъ; однако же, до сихъ поръ еще не выяснено, является ли желѣзо существенною составною частью хлорофилла. Бо́льшія количества желѣзныхъ солей въ почвѣ не оказываютъ ускоряющаго дѣйствія на ростъ растеній.

Сила свѣта, необходимая для возникновенія хлорофилла, весьма не велика и много меньше той, какая требуется для разложенія углекислоты, при посредствѣ уже образованнаго хлорофилла. Если доступъ свѣта совершенно прекратить, то хлорофиллъ, имѣющійся на лицо, исчезаетъ, конечно, весьма медленно въ теченіе дней и недѣль

10. Передвиженіе газовъ въ растеніяхъ. Итакъ, въ растеніи совершаются процессъ дыханія, съ одной стороны, и процессъ разложенія угольной кислоты, протекающій только при освѣщеніи,—съ другой. Смотря по тому, какой изъ этихъ двухъ противоположныхъ процессовъ въ данный моментъ является преобладающимъ, растеніе выдѣляетъ или кислородъ, или угольную кислоту. Даже и при дѣйствіи свѣта выдѣленіе кислорода преобладаетъ только въ зеленыхъ частяхъ растенія, въ то время какъ органы его, лишенные зеленой окраски, только потребляютъ кислородъ. Поэтому, въ болѣе или менѣе большихъ растеніяхъ

должно происходить постоянное передвиженіе газовъ, внутри ихъ тканей. Такихъ приспособленій, какія можно было бы сравнить съ дыхательными органами животныхъ, у растеній совершенно не имѣется. Обмѣнъ газовъ происходитъ у нихъ отчасти, благодаря постоянно имѣющемуся передвиженію соковъ, отчасти вслѣдствіе диффузіи, совершающейся въ межклѣточныхъ пространствахъ, выполненныхъ воздухомъ.

Тотъ фактъ, что въ растеніяхъ имѣются полости, проходящія черезъ все растеніе и наполненныя воздухомъ, доказывается слѣдующимъ образомъ: бутылка съ водой (не совсѣмъ полная) затыкается пробкою, черезъ которую плотно вставляется стебель или тонкая вѣтка такъ, чтобы ихъ концы были погружены въ воду. Черезъ пробку проходитъ также стеклянная трубка, оканчивающаяся надъ водою. Если черезъ эту трубку вытягивать изъ бутылки воздухъ, то изъ стебля появляются пузырьки воздуха, которые и поднимаются въ водѣ кверху. Такимъ образомъ, можно установить продолжительное просасываніе воздуха черезъ растеніе.

При опытахъ надъ выдѣленіемъ кислорода у водныхъ растеній (см. выше § 6), можно видѣть выступленіе газовыхъ пузырьковъ изъ надрѣзанныхъ воздушныхъ каналовъ. Если наблюденіе производить надъ листьями наземныхъ растеній, то появленіе пузырьковъ газа наблюдается на поверхности листа. На ней находятся многочисленныя щелевидныя отверстія, т.-е. промежутки въ эпителіальномъ покровѣ, ограниченные двумя особенными замыкательными клѣтками; у наземныхъ растеній эти отверстія большею частью расположены на нижней поверхности, у водяныхъ же, плавающихъ на поверхности воды, только на верхней сторонѣ листьевъ. Подъ этими отверстіями лежитъ дыхательная полость, большое межклѣточное пространство, стоящее въ соединеніи съ межклѣточными ходами, пронизывающими все растеніе. Замыкательныя клѣтки могутъ расширять или замыкать отверстіе устьица, смотря по количеству влаги въ окружающемъ воздухѣ. Поэтому устьица служатъ не только для поглощенія и выдѣленія газовъ, но и для регулированія отдачи воды со стороны растенія, для транспираціи растенія.

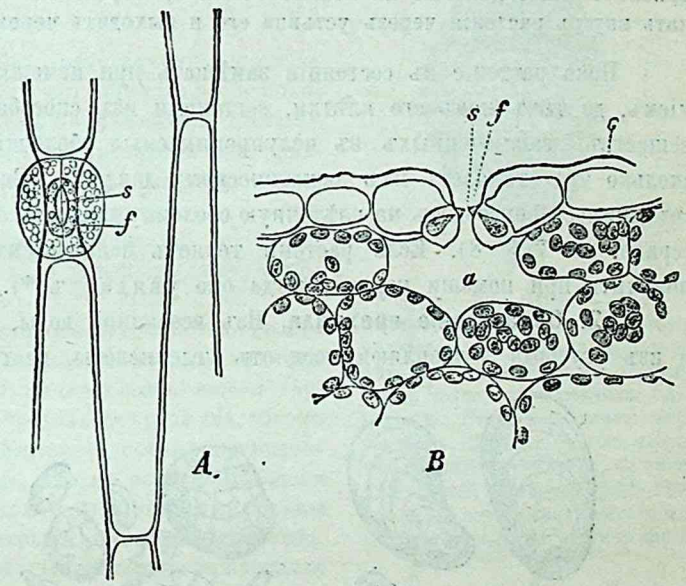


Рис. 98.
Устьица растеній. *A* - клѣтки эпидермиса и устьице на нижней сторонѣ листа *Iris florentina*; *B* — поперечный разрѣзъ; *s* — отверстіе устьица; *f* — входъ въ устьице, образованный краями замыкающихъ клѣтокъ; *c* - кутикула; *a* — дыхательная полость.

11. Движеніе воды въ растеніи. Наземныя растенія при помощи своихъ корней непрерывно поглощаютъ воду изъ почвы, она поднимается въ растеніи по особымъ сосудамъ, доходитъ до листьевъ, гдѣ, главнымъ образомъ, происходитъ отдача ея, путемъ испаренія, въ воздухъ; иногда же она выступаетъ на извѣстныхъ мѣстахъ растеній въ капельножидкомъ видѣ. Клѣтки коры корней вбираютъ въ себя воду, проталкиваютъ ее въ водоносные сосуды корней съ силою, которая иногда превышаетъ атмосферное давленіе. Если срѣзать близко отъ почвы какое-либо растеніе, имѣющее хорошо развитые корни, то изъ поверхности разрѣза выступаетъ вода (плачъ растеній). Если соединить пенекъ при помощи плотно надѣтой на него каучуковой трубки съ манометромъ, то вслѣдствіе давленія соковъ, поднимающихся по растенію, ртутный столбъ манометра можетъ подняться до 100 ст. Это да-

вленіе, исходящее изъ корней, причины котораго до сихъ поръ еще недостаточно изслѣдованы, и испареніе воды листьями обусловливаютъ въ растеніяхъ восходящее движеніе солевыхъ растворовъ поглощаемыхъ изъ почвы, черезъ все растеніе, вплоть до листьевъ, гдѣ они и перерабатываются химически.

То, что испареніе воды, совершающееся въ листьяхъ, производитъ въ растеніяхъ присасывающее дѣйствіе на соки, циркулирующіе въ нихъ, можетъ быть легко доказано на срѣзанныхъ вѣткахъ. Конечно, это дѣйствіе не такъ велико, какъ давленіе, исходящее изъ корней. Если прикрѣпить, съ помощью каучуковой трубки, къ концу свѣжесрѣзанной вѣтки, снабженной обильною листвою стеклянную трубку, наполнить ее водою и опустить конецъ ея въ ртуть, то вода изъ стеклянной, трубки начнетъ всасываться, ртуть же подниматься вверхъ. Отрицательное давленіе, подъ которое подпадаетъ при этомъ опытѣ вода, можетъ достичь величины въ нѣсколько сантиметровъ. Если ртуть въ трубкѣ поднимается высоко, то она производитъ присасывающее дѣйствіе на межклѣточныя пространства: наружный воздухъ начинаетъ поступать внутрь растенія черезъ устьица его и выходитъ черезъ разрѣзъ вѣтки.

Пока растеніе въ состояніи замѣщать при помощи корней воду, теряемую испареніемъ, до тѣхъ поръ его клѣтки, состоящія изъ способныхъ набухать и изъ растворимыхъ веществъ, заключенныхъ въ полупроницаемыя оболочки, всасываютъ воду настолько, насколько это отвѣчаетъ ихъ осмотическому давленію. Вслѣдствіе этого протоплазматическое содержимое производитъ на клѣточную оболочку давленіе, обусловливающее тургоръ клѣтокъ (сравн. гл. 7 § 8). Если растеніе теряетъ испареніемъ больше воды, чѣмъ въ состояніи получить при помощи корней, тогда оно увядаетъ *).

12. Образованіе крахмала. Изъ всосанной воды, изъ солей, въ ней растворенныхъ, и изъ углерода, отщепляющагося отъ углекислоты, растеніе должно построить всѣ находи-

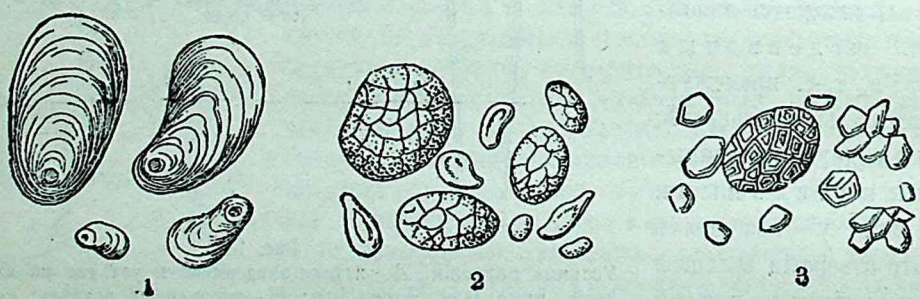


Рис. 99. Крахмальныя зерна, 1) изъ картофеля, 2) изъ овса, 3) изъ риса.

мыя въ немъ органическія соединенія. Какъ происходитъ на самомъ дѣлѣ это образованіе, представляющее собою химическій синтезъ, можно отчасти прослѣдить подъ микроскопомъ. При изслѣдованіи зеленыхъ частей растенія послѣ того, какъ онѣ были подвергнуты вліянію солнечнаго свѣта, можно замѣтить въ хлорофилльныхъ зернахъ включенія, состоящія, по большей части, изъ крахмала. Мы можемъ поэтому считать его первымъ, доступнымъ наблюденію продуктомъ ассимиляціи. Такъ какъ крахмалъ окрашивается іодомъ въ синій цвѣтъ, то присутствіе его можетъ быть ясно открыто микроскопически, а въ случаѣ большихъ количествъ и макроскопически. Если зеленый листъ, находившійся подъ вліяніемъ солнечнаго свѣта, обезцвѣтить алкоголемъ и затѣмъ помѣстить въ растворъ іода, то онъ окрашивается въ интенсивный фіолетово-синій, почти черно-синій цвѣтъ.

*) Конечно, увяданія не замѣчается въ твердыхъ деревянистыхъ частяхъ растенія. Но что и они теряютъ воду изъ своихъ трубкообразныхъ сосудовъ, образовавшихся изъ умершихъ клѣтокъ, благодаря испаренію съ поверхности листьевъ, видно изъ того, что дѣлается съ срубленнымъ деревомъ. Если срубить дерево во время полной его жизнедѣятельности и сейчасъ же лишить его листьевъ, то оно легко загниваетъ. Если же у срубленнаго дерева оставить часть его кроны, то большая часть воды исчезаетъ изъ его сосудовъ, благодаря испаренію съ поверхности листьевъ. Стволъ тогда скорѣе высыхаетъ и дѣлается болѣе прочнымъ.

Крахмалъ, образовавшійся въ хлорофилльныхъ зернахъ, не остается въ нихъ, наблюдается постоянное его раствореніе *) и новообразованіе. Раствореніе крахмала и его передвиженіе происходятъ тѣмъ скорѣе, чѣмъ выше температура. Такъ какъ новообразованіе его можетъ происходить лишь при дѣйствіи свѣта, то возможно всѣ клѣтки лишить крахмала, если устранить доступъ свѣта къ нимъ. Если сдѣлать это съ отдѣльными мѣстами какого-нибудь листа, то только они окажутся лишенными крахмала; если, напр., часть листа помѣстить на достаточно продолжительное время между двумя пробковыми пластинками или покрыть ее кусками листового олова, а затѣмъ спиртомъ извлечь изъ листа хлорофиллъ и обработанный такимъ образомъ листъ помѣстить въ растворъ іода, то части, остававшіяся освѣщенными, сдѣлаются синими; бывшія же затемненными, а потому лишенныя крахмала, окрасятся въ желто-бурый цвѣтъ вслѣдствіе дѣйствія іода на ткань, свободную отъ крахмала.

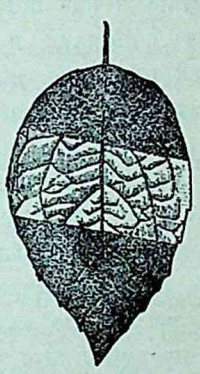


Рис. 100.
Раствореніе и исчезновеніе крахмала въ темнотѣ. Листъ на нѣкоторомъ пространствѣ былъ покрытъ тонкою непрозрачною пластинкою. Подъ нею исчезъ весь крахмалъ. Послѣ того, какъ хлорофиллъ удаленъ спиртомъ, на листъ дѣйствуется растворомъ іода. Темноголубая окраска получается только на освѣщенныхъ частяхъ листа.

Крахмалъ представляетъ собою полисахаридъ состава $(C_6H_{10}O_5)n$ (сравн. гл. 10 § 8 и 9). Для его образованія необходимо соединеніе углерода съ водородомъ и кислородомъ, причемъ послѣдніе входятъ въ такомъ же отношеніи, въ какомъ они находятся въ водѣ. Поэтому растеніе, впитывая корнями воду, и воспринимая изъ воздуха углекислоту, имъ разлагаемую, съ отщепленіемъ кислорода, располагаетъ всѣми элементами, необходимыми для образованія крахмала. Все дѣло только въ томъ, чтобы они соединились между собою.

Пока еще не выяснено съ достаточною точностью, происходитъ ли этотъ синтезъ прямо или окольнымъ путемъ, причемъ рядомъ съ крахмаломъ образуются, можетъ-быть, еще и другія соединенія. Доказано, что, при образованіи крахмала, объемъ выдѣляемаго кислорода точно соотвѣтствуетъ объему поглощенной углекислоты. Если мы вспомнимъ, что на основаніи закона Авогадро (сравн. гл. 6 § 10 и гл. 8 § 6) одинаковые объемы различныхъ газовъ заключаютъ одинаковыя количества молекулъ, то на каждую молекулу поглощаемой углекислоты приходится одна молекула освобождаемаго кислорода. Поэтому мы можемъ образованіе крахмала изъ углекислоты и воды представить въ видѣ слѣдующей формулы:

$$6(CO_2) + 6(H_2O) = C_6H_{12}O_6 + 6O_2.$$

Изъ моносахарида $C_6H_{12}O_6$ (глюкозы) путемъ полимеризаціи, сопровождаемой отщепленіемъ воды, могъ бы образоваться полисахаридъ крахмалъ $(C_6H_{10}O_5)n$ **).

13. Передвиженіе углеводовъ. Зерна крахмала, наблюдаемыя въ хлорофилльныхъ тѣльцахъ, никогда не состоятъ изъ чистаго крахмала; къ нему всегда примѣшаны различные послѣдовательные продукты полимеризаціи сахаридовъ. Моно- и дисахариды, равно какъ ближайшіе продукты ихъ полимеризаціи, растворимы въ водѣ, между тѣмъ какъ крахмалъ совершенно нерастворимъ. Такимъ образомъ, растворимые сахариды могутъ быть уносимы соковымъ токомъ и служить питанію другихъ, не производящихъ хлорофилла частей растенія. Такъ какъ образованный крахмалъ въ темнотѣ снова исчезаетъ, то мы должны предположить, что онъ опять переходитъ въ растворимыя вещества, чтобы служить цѣлямъ питанія, т.-е. возобновленію веществъ, потребляемыхъ при дыханіи. Если при болѣе продол-

*) Раствореніе крахмала связано съ химическимъ измѣненіемъ его, такъ какъ крахмалъ самъ по себѣ совершенно нерастворимъ. Подробности см. гл. 10 § 9.

**) Тѣмъ не менѣе нельзя утверждать, чтобы образованіе крахмала, дѣйствительно, происходило такимъ образомъ. Мы еще ничего точно не знаемъ объ этомъ. Въ нѣкоторыхъ растеніяхъ (водорослях), вмѣсто крахмала, откладывается, какъ первый ассимиляціонный продуктъ, жирное масло. У нихъ, такимъ образомъ, объемъ выдѣляемаго кислорода долженъ былъ бы быть больше объема поглощаемой углекислоты. Но намъ неизвѣстны точныя изслѣдованія относительно этого интереснаго въ теоретическомъ отношеніи вопроса.

жительномъ дѣйствіи свѣта образуется больше крахмала, чѣмъ требуетъ того растеніе для построенія своихъ органовъ и для возстановленія потерь, вызванныхъ дыханіемъ, то излишекъ его переводится въ растворимую форму и уносится изъ хлорофилльныхъ клѣтокъ въ другія мѣста, гдѣ, опять превратившись въ нерастворимый крахмалъ, отлагается въ качествѣ запаснаго матеріала. Мѣстами такихъ отложеній служатъ, главнымъ образомъ, стебли, клубни, луковицы и сѣмена. Запасный матеріалъ послѣднихъ служитъ, какъ мы это видѣли, для первоначальнаго питанія прорастающаго растенія, пока оно еще не образуетъ хлорофилла, пока, слѣдовательно, оно лишено возможности производить крахмалъ. Поэтому сѣмена, заключающія въ своихъ сѣмянодоляхъ обильный запасный матеріалъ, могутъ прорастать и при полнѣйшей темнотѣ и образовать вполнѣ нормальное растеніе съ корнями, стеблемъ, вѣтками и листьями. Растеніе при этихъ условіяхъ можетъ достигнуть тѣмъ большей величины, чѣмъ больше было запаснаго матеріала. По истощеніи послѣдняго, растеніе для дальнѣйшаго роста уже нуждается въ свѣтѣ. Оно болѣетъ и окончательно погибаетъ, если не получаетъ въ достаточной степени свѣта, хотя бы его корни и могли воспринимать другія питательныя вещества.

14. Образованіе протеиновыхъ веществъ. Мы далеко не такъ хорошо освѣдомлены объ условіяхъ, потребныхъ для возникновенія въ растеніяхъ жировъ и протеиновыхъ веществъ, какъ это имѣетъ мѣсто по отношенію къ углеводамъ. Низшія растенія (плѣсени напр.), могутъ изъ одного углевода (сахара) и амміачныхъ или азотнокислыхъ солей образовать протеины. Это удается имъ еще легче, если они имѣютъ въ распоряженіи пептонъ, какъ источникъ азота *). У хлорофилльныхъ растеній жиры образуются обыкновенно впослѣдствіи изъ углеводовъ, возникающихъ при взаимномъ дѣйствіи свѣта и хлорофилла, въ исключительныхъ только случаяхъ изъ искусственно вводимыхъ углеводовъ. Такъ какъ жиры, какъ и углеводы, состоятъ лишь изъ C, H, O, то для образованія первыхъ требуется только атомная перегруппировка съ выдѣленіемъ части O. Изъ этихъ же элементовъ и изъ воспринимаемыхъ корнями N, S и P могутъ быть построены протеиновыя вещества. Для осуществленія этого синтеза хлорофиллъ не нуженъ. Синтезъ этотъ, по всей вѣроятности, можетъ совершаться во всѣхъ живыхъ растительныхъ клѣткахъ, но, повидимому, главнымъ образомъ происходитъ въ листьяхъ. Играютъ ли при этомъ хлорофилльныя тѣльца какую-нибудь особенную роль, помимо приготовленія углеводовъ, пока съ достовѣрностью неизвѣстно. Азотъ воспринимается изъ почвы, главнымъ образомъ, въ формѣ нитратовъ **). Соединенія эти разлагаются органическими кислотами (щавелевая кислота и друг.), вырабатываемыми въ большомъ количествѣ самими растеніями; при этомъ основанія связываются съ органическими кислотами и удерживаются въ нерастворимой формѣ. Такъ какъ свободная щавелевая кислота сильный ядъ, то является благопріятнымъ, что она, вслѣдствіе нейтрализаціи, дѣлается безвредной. О ходѣ важнаго химическаго процесса, при посредствѣ котораго изъ азота азотной кислоты, совмѣстно съ другими элементами, образуются протеиновыя вещества, пока еще ничего достовѣрнаго неизвѣстно. Весьма вѣроятно, что сначала образуются различныя переходныя ступени (амиды и амидокислоты), между которыми важную роль играетъ, можетъ-быть, аспарагинъ, почти всегда находимый въ молодыхъ росткахъ (сравн. гл. 9 § 17).

Такъ какъ въ составъ протеиновыхъ веществъ входятъ также сѣра и фосфоръ, то понятно, почему въ почвѣ или въ водѣ, гдѣ произрастаютъ растенія, рядомъ съ азотомъ всегда находятся и эти элементы. Труднѣе опредѣлить, какую роль играютъ другія минеральныя вещества, являющіяся тоже необходимыми (калій, магній и проч.). Они, вѣ-

---

*) О питаніи безхлорофилльныхъ растеній будетъ рѣчь еще въ обѣихъ слѣдующихъ главахъ.

**) Путемъ опыта доказано, что высшія растенія не поглощаютъ азота воздуха. О возможности такого поглощенія газообразнаго азота нѣкоторыми бактеріями будетъ сказано ниже.

роятно, въ извѣстной небольшой своей части связаны химически съ протеиновыми веществами, входятъ въ составъ ихъ частицы. Скорѣе всего, главное ихъ значеніе состоитъ въ томъ вліяніи, которое они оказываютъ на растворимость протеиновыхъ веществъ, дѣлая возможнымъ переносъ послѣднихъ изъ мѣстъ ихъ образованія въ мѣста потребленія, такъ какъ только растворимыя вещества могутъ передвигаться въ растеніяхъ, сообразно потребностямъ постоянно мѣняющагося роста на различныхъ мѣстахъ.

Помимо протеиновыхъ веществъ, во многихъ растеніяхъ встрѣчаются азотъ содержащіе алкалоиды, какъ стрихнинъ, хининъ, морфій, никотинъ и друг.; хотя вещества эти ядовиты, но они имѣютъ большое примѣненіе въ медицинѣ (сравн. гл. 9 § 18). Какое значеніе они имѣютъ для жизни растеній, неизвѣстно. Во всякомъ случаѣ они полезны въ качествѣ защиты, дѣлая ихъ несъѣдобными. Ту же роль играютъ вѣроятно по большей части безазотистыя горькія вещества, какъ алоинъ, сантонинъ и проч.

15. Питаніе животныхъ. Органическія вещества, вырабатываемыя растеніями, служатъ пищей для животныхъ; все равно, питаются ли они непосредственно растеніями или посредственно, потребляя другихъ животныхъ, тѣло которыхъ въ свою очередь образовано изъ растительныхъ пищевыхъ веществъ. Пища принимается или въ такой формѣ, что непосредственно можетъ служить матеріаломъ для постройки животныхъ тканей, или же сначала должна подвергнуться извѣстной химической переработкѣ, дѣлающей ее пригодной для этой цѣли. Она прежде всего должна быть растворима и способна къ диффузіи, чтобы быть въ состояніи при помощи осмотическихъ процессовъ проникнуть внутрь живыхъ клѣтокъ. У большихъ животныхъ организмовъ пища должна, посредствомъ описанныхъ въ предыдущей главѣ приспособленій, переноситься изъ мѣстъ ея поступленія (кишечный каналъ) къ самымъ отдаленнымъ частямъ тѣла. Всѣ химическія измѣненія, которымъ подвергаются въ организмѣ пищевыя вещества, для того, чтобы сдѣлаться растворимыми и способными къ диффузіи, во всей своей совокупности носятъ названіе пищеваренія. Послѣднее не мѣняетъ, однако, существеннаго химическаго характера этихъ весьма сложныхъ веществъ Протеиновыя вещества, углеводы, жиры остаются тѣмъ, чѣмъ они есть. Но въ рядѣ протеиновыхъ веществъ наблюдаются различныя степени усложненія; самыя важныя для питанія группы, глобулины и альбумины, отчасти нерастворимы и притомъ всѣ, даже растворимые, мало или вполнѣ неспособны къ диффузіи. Такимъ образомъ они очень трудно или совершенно не могутъ быть всосанными. И только благодаря тому, что они видоизмѣняются въ менѣе сложные или болѣе простые протеины, въ послѣдней стадіи въ пептоны— тѣла, легко растворимыя и способныя къ диффузіи, дѣлается возможнымъ поступленіе ихъ въ ткани и усвоеніе. То же самое относится и къ углеводамъ. Изъ очень сложнаго, почти нерастворимаго крахмала, образуются легко диффундирующіе поли-, ди- и моносахариды, именно декстрины и простой сахаръ въ родѣ глюкозы. Жиры, наконецъ, мало измѣняются въ химическомъ отношеніи. Небольшая часть нейтральнаго жира расщепляется, образовавшіяся вслѣдствіе этого жирныя кислоты соединяются со щелочными жидкостями кишечника и образуютъ мыла, которыя способствуютъ раздробленію остальной части нейтральнаго жира на мельчайшія капельки. Въ такомъ видѣ жиръ легко можетъ всосаться. Когда, такимъ образомъ, три рода органическихъ пищевыхъ веществъ переварены, они всасываются изъ кишечника, такъ что могутъ проникнуть въ протоплазму живой клѣтки, чтобы тамъ снова подвергнуться или окисляющему дѣйствію кислорода, или, благодаря вліянію живой протоплазмы, опять превратиться въ высшіе сложные протеины, углеводы и т. п., становясь составною частью самой протоплазмы и способствуя, такимъ образомъ, увеличенію количества живой матеріи, росту живого организма Но раньше или позже отложенный такимъ образомъ въ организмѣ матеріалъ подвергается дѣйствію кислорода, и получаемые при этомъ окисленіи продукты, главнымъ образомъ углекислота, вода и мочевина, выдѣляются изъ организма. Эти процессы представляютъ то, что мы въ началѣ главы назвали

обмѣномъ веществъ. Но съ химическими явленіями обмѣна веществъ связаны еще другія явленія, какъ обнаруженіе энергіи въ различныхъ формахъ, что и представляетъ собою настоящіе жизненные процессы. Болѣе подробно мы будемъ говорить о нихъ въ слѣдующихъ главахъ.

ШЕСТНАДЦАТАЯ ГЛАВА.

Кругооборотъ матеріи.

1. Различія въ питаніи растеній и животныхъ. То обстоятельство, что съ незапамятныхъ временъ всѣ живые организмы подраздѣляются на растенія и животныя, объясняется главнымъ образомъ различіями въ способѣ ихъ питанія, тѣмъ болѣе, что эти различія стоятъ обыкновенно въ тѣсной связи съ цѣлымъ рядомъ характерныхъ особенностей, наблюдаемыхъ въ строеніи животныхъ и растеній, въ ихъ образѣ жизни и пр. Но, собственно говоря, это относится только къ выше организованнымъ животнымъ и растеніямъ. Хотя до сихъ поръ неизвѣстно ни одного живого существа, которое по тѣмъ или другимъ соображеніямъ, должно было бы быть признано за животное, и которое могло бы питаться, не получая протеиновъ, жировъ и углеводовъ *); однако, существуютъ низшіе организмы, обнаруживающіе различнаго рода отклоненія отъ обоихъ главныхъ типовъ. Но обѣ названныя группы живыхъ существъ—группа животныхъ и группа зеленыхъ растеній—находятся касательно ихъ питанія въ взаимной связи. Только при совмѣстномъ ихъ нахожденіи возможно продолжительное существованіе ихъ. Животныя питаются веществами, производимыми растеніями; продукты распада этихъ веществъ снова служатъ растеніямъ въ качествѣ сырого матеріала для производства пищи, необходимой для животныхъ. Если бы землю населяли только организмы, питающіеся по типу животныхъ, то часть ихъ могла бы послужить пищею для другихъ, но спустя нѣкоторое время погибли бы всѣ. Точно также и высшія растенія не могли бы сами по себѣ существовать, болѣе или менѣе долгое время, на землѣ: почва, на которой они произрастаютъ, требуетъ постояннаго возмѣщенія тѣхъ неорганическихъ веществъ, которыя извлекаются изъ него растеніями; сверхъ того содержаніе углекислоты въ атмосферѣ въ концѣ концовъ такъ понизилось бы, что этого газа не хватило бы для потребностей высшихъ растеній.

Обмѣнъ веществъ въ томъ смыслѣ, въ какомъ онъ былъ опредѣленъ въ гл. 14 § 1, происходитъ въ растеніяхъ только въ весьма незначительномъ объемѣ. Вообще, они выдѣляютъ весьма мало производимыхъ ими веществъ. Только чрезвычайно незначительныя количества составныхъ частей ихъ тканей окисляются и выдѣляются дыханіемъ въ этой окисленной формѣ подобно тому, какъ это происходитъ у животныхъ. Кромѣ воды, незначительныхъ количествъ углекислоты, тѣхъ или другихъ летучихъ продуктовъ, въ родѣ пахучихъ веществъ, выдѣляемыхъ цвѣтами, и т. п., растенія почти ничего не отдаютъ въ окружающую ихъ среду. Испаряющуюся воду растенія возмѣщаютъ поглощеніемъ ея изъ почвы; незначительныя количества потребляемаго кислорода или доставляются имъ изъ окружающей атмосферы, или при освѣщеніи образуются въ нихъ путемъ разложенія воспринимаемой ими углекислоты. То, что они производятъ изъ C послѣдней и изъ N и H_2O, воспринимаемыхъ корнями, они отлагаютъ въ огромной части въ самихъ себѣ въ видѣ протеиновыхъ тѣлъ, углеводовъ и жировъ; образуются новые побѣги, старые увеличиваются въ толщинѣ. Ростъ растеній совершается въ продолженіе всей ихъ жизни; нѣкоторыя долго-

*) Даже тѣ животныя, которыя живутъ въ землѣ или при иныхъ подобныхъ условіяхъ, какъ напр. различные черви, и пожираютъ большія количества земли, поглощаютъ съ этою землею указанныя главныя составныя органическія части пищи, хотя и въ незначительныхъ количествахъ, и питаются ими, а не неорганическими веществами земли.

лѣтнія изъ нихъ какъ бы неограничены въ своемъ ростѣ. Даже отмершія части растеній, какъ напр., кора могутъ оставаться долгое время въ тѣсной механической связи съ живыми частями. Чтобы накопляющіяся въ растеніяхъ вещества пришли въ движеніе и чтобы они сдѣлались доступными для тѣхъ или другихъ процессовъ превращенія, для этого необходимы болѣе или менѣе грубыя механическія или какія-либо другія средства, о которыхъ будетъ рѣчь въ этой главѣ.

То же самое относится, хотя и не въ такой мѣрѣ, и къ низшимъ растеніямъ. Однако, способность ихъ къ росту проявляется не столько въ разрастаніи отдѣльныхъ индивидуумовъ, сколько въ увеличеніи числа этихъ послѣднихъ, причемъ отдѣльные индивидуумы достигаютъ лишь незначительной величины. Однако, и у нихъ происходитъ накопленіе органическихъ веществъ. Если какая-либо бактерія производитъ въ короткое время билліонъ себѣ подобныхъ, то количество органическихъ веществъ, заключающееся въ нихъ, едва ли меньше, иногда даже больше, чѣмъ то, которое производится за такой же промежутокъ времени растущимъ деревомъ.

2. Большое потребленіе веществъ у животныхъ. У животныхъ, въ противоположность растеніямъ, на ростъ ихъ тѣла идетъ, въ крайнемъ случаѣ, только незначительная часть принимаемой ими пищи. При полномъ равновѣсіи вещественнаго обмѣна (гл. 15, § 3) животное выдѣляетъ столько же веществъ, сколько оно ихъ принимаетъ. Если давать животному пищи больше, чѣмъ требуется для поддержанія его обмѣна въ равновѣсіи, то животное получаетъ конечно возможность потреблять часть этого избытка на увеличеніе массы своего тѣла или на производство новыхъ индивидуумовъ. Но, вмѣстѣ съ тѣмъ, повышаются у него и выдѣленія. Обыкновенно, это происходитъ не въ такой мѣрѣ, въ какой увеличивается количество принимаемой пищи, и простирается неравномѣрно на всѣ три главныя составныя органическія части ея. Значительнѣе всего увеличивается выдѣленіе азотистыхъ продуктовъ обмѣна, какъ-то мочевины и подобныхъ ей соединеній; въ менѣе значительной степени повышается выдѣленіе углекислоты и воды. Безазотистыя соединенія — углеводы и жиры—могутъ удерживаться въ животномъ организмѣ въ бо́льшихъ количествахъ, чѣмъ азотистыя, протеиновыя вещества. Вслѣдствіе этого животное, питаемое такимъ образомъ, можетъ прибывать въ вѣсѣ. Это приращеніе въ вѣсѣ падаетъ почти исключительно на счетъ безазотистыхъ веществъ, которыя въ организмѣ отлагаются въ видѣ гликогена, главнымъ образомъ въ печени, и въ видѣ жира—повсюду въ тѣлѣ, въ особенности же подъ кожею и въ брюшной полости—въ видѣ такъ называемой жировой ткани. Такое усиленное питаніе называется **откармливаніемъ**, если оно умышленно производится надъ животными, предназначаемыми къ убою. Наоборотъ, если оставить голодать хорошо упитанное животное, то въ немъ происходитъ исчезаніе жира и гликогена до незначительнаго остатка; послѣ же того, какъ эти безазотистыя тѣла оказываются большею своею частью потребленными, усиленному распаду подпадаютъ и азотистыя, протеиновыя тѣла. Если заставить голодать хорошо упитанное травоядное животное, то сначала происходитъ уменьшеніе въ выдѣленіи мочевины, достигающее извѣстнаго минимума, на которомъ оно и держится нѣкоторое время. Но какъ скоро исчезнетъ весь жиръ и гликогенъ, то быстро наступаетъ значительное повышеніе въ выдѣленіи мочевины, потому что тогда въ организмѣ начинаетъ происходить сгораніе протеиновыхъ тѣлъ въ такой степени, въ какой это является необходимымъ для поддержанія жизненныхъ отправленій организма. Поэтому съ правомъ можно сказать, что голодающій кроликъ является такимъ же плотоядным, какъ и левъ *).

3. Кругооборотъ веществъ. Органическія вещества, принимаемыя съ пищею живот-

*) Подобныя изслѣдованія производились до сихъ поръ почти исключительно надъ млекопитающими, отчасти надъ птицами. Было бы желательно распространить ихъ и на другіе классы животныхъ.

ными, происходятъ, непосредственно или посредственно, изъ растительнаго міра. Травоядныя питаются растительными веществами; эти вещества переходятъ, въ свою очередь, такъ или иначе измѣненными, но въ существенныхъ чертахъ сохранившими свой составъ, въ тѣхъ животныхъ, которыя пожираютъ этихъ травоядныхъ. При извѣстныхъ условіяхъ эти вещества могутъ подвергнуться ряду переходовъ изъ одного животнаго организма въ другой. Какъ бы то ни было, пищевыя вещества, воспринятыя животнымъ, внутри его организма вступаютъ въ соединеніе съ кислородомъ и выдѣляются изъ организма въ видѣ углекислоты, воды, мочевины и пр. Эти послѣдніе продукты поступаютъ или какъ таковые, или же претерпѣвши еще рядъ всевозможныхъ превращеній, въ растенія и идутъ снова въ этихъ послѣднихъ на построеніе протеиновыхъ тѣлъ, жировъ и углеводовъ. То же относится и къ тѣмъ веществамъ, которыя встрѣчаются въ трупахъ животныхъ, въ отжившихъ растеніяхъ или въ разныхъ отмершихъ и отброшенныхъ частяхъ живыхъ организмовъ; въ концѣ концовъ продукты ихъ распада превращаются въ такія соединенія, которыя могутъ служить питанію растеній. Итакъ, существуетъ правильный кругооборотъ веществъ, какъ это представлено, въ главныхъ чертахъ, на слѣдующей схемѣ *).

Животныя		Растенія
поглощаютъ кислородъ изъ воздуха,	⟵	отдаютъ кислородъ въ воздухъ, образуютъ изъ неорганическаго матеріала протеиновыя тѣла, жиры и углеводы,
принимаютъ, какъ пищу, протеиновыя тѣла, жиры, углеводы, воду и соли,	⟵	которые накопляются въ нихъ вмѣстѣ съ поглощенными солями и водою, чтобы потомъ идти на пищу животныхъ,
выдѣляютъ воду, соли и азотистыя вещества, равно какъ и	⟶	поглощаютъ изъ почвы азотъ, соли и воду и
углекислоту (въ окружающую атмосферу).	⟶	углекислоту изъ окружающей атмосферы.

Какъ мы видѣли, для животныхъ можно составить балансъ обмѣна веществъ сравнивая приходъ съ расходомъ и принимая въ соображеніе возможныя колебанія въ вѣсѣ. При этомъ, съ одной стороны, принимается въ расчетъ вѣсъ животнаго до начала опыта и вѣсъ поглощаемыхъ имъ веществъ (вдыхаемаго кислорода и пищевыхъ веществъ), съ другой стороны,—конечный вѣсъ животнаго и всѣ происшедшія потери (выдыхаемая углекислота, моча и проч.). Обѣ суммы должны быть равны. Въ случаяхъ полнаго равновѣсія въ обмѣнѣ (гл. 15, § 3) количества азота, углерода и пр., стоящія по ту и другую сторону баланса, должны быть между собою равны. Изъ этого мы можемъ сдѣлать заключеніе, что при жизненныхъ процессахъ животнаго, какъ и при всякихъ химическихъ процессахъ, абсолютныя количества отдѣльныхъ веществъ, принимающихъ участіе въ этихъ процессахъ, остаются безъ перемѣны, такъ-что, хотя азотъ, углеродъ, кислородъ и пр. покидаютъ тѣло животнаго въ видѣ другихъ химическихъ соединеній, по сравненію съ тѣми, въ какихъ они въ него поступили, однако, количество каждаго изъ названныхъ элементовъ осталось безъ измѣненія во время своего пребыванія въ тѣлѣ животнаго.

Подобные опыты могутъ быть поставлены также и на растеніяхъ, причемъ должны быть приняты во вниманіе извѣстныя отличительныя свойства послѣднихъ.

Если мы будемъ выращивать какое-либо молодое растеніе въ водѣ (см. гл. 15 § 4), доставляя ему всѣ необходимыя для его питанія вещества и достаточное количество свѣта, то оно можетъ достигнуть значительнаго вѣса. Если мы опредѣлимъ количество солей, воды и углекислоты, поглощаемыхъ растеніемъ, равно какъ количество воды и кислорода, выдѣленныхъ имъ, то разница между обоими количествами будетъ равна увеличенію

*) Стрѣлки обозначаютъ направленіе, по которому происходитъ перемѣщеніе веществъ.

вѣса растенія. Если мы произведемъ точный анализъ этого растенія, то мы найдемъ въ немъ столько калія, фосфора, азота и прочихъ элементовъ, считая ихъ по отдѣльности, сколько оно поглотило ихъ изъ окружающей среды, изъ воды и воздуха. Въ этомъ отношеніи растенія отличаются отъ животныхъ лишь тѣмъ, что вещества, поступающія въ растенія, остаются въ нихъ болѣе долгое время, чѣмъ это наблюдается у животныхъ, иногда даже въ теченіе всей ихъ жизни.

4. Постоянство матеріи. Итакъ, ни въ растеніяхъ, ни въ животныхъ не создается вновь никакой матеріи; вещества, поступающія въ нихъ, никогда не исчезаютъ изъ общаго запаса матеріи въ природѣ. Общій основной законъ постоянства существующей матеріи простирается также и на живыя существа.

Но представляется также болѣе, чѣмъ вѣроятнымъ, что то, что является закономъ для отдѣльнаго животнаго и для отдѣльнаго растенія, простирается также и на совокупность всѣхъ животныхъ, и на совокупность всѣхъ растеній. Хотя невозможно прослѣдить судьбу каждой отдѣльной частички углерода, азота и пр., начиная съ того момента, когда она оставляетъ тѣло животнаго, до того момента, когда она, претерпѣвъ рядъ превращеній, поступаетъ въ растеніе, чтобы въ этомъ послѣднемъ пойти на построеніе какого-либо протеина и, такимъ образомъ, снова послужить для питанія животнаго; однако, мы не имѣемъ ни малѣйшаго основанія полагать, что означенные элементы претерпѣваютъ на указанномъ пути какія-либо измѣненія въ своей массѣ.

Итакъ, не только состоянія какихъ-либо отдѣльныхъ животныхъ или какихъ-либо отдѣльныхъ растеній, но и взаимныя отношенія животнаго и растительнаго царствъ могутъ быть разсматриваемы съ точки зрѣнія закона неизмѣняемости матеріи. Какъ бы ни былъ сложенъ тотъ путь, который предстоитъ совершить какой-нибудь частицѣ углекислоты, покидающей въ данный моментъ какое-либо животное, мы, все-таки, можемъ быть твердо увѣренными въ томъ, что она не исчезаетъ безслѣдно, но что она черезъ тотъ или другой промежутокъ времени перейдетъ въ какое-либо растеніе и подпадетъ тамъ разложенію. Кислородъ ея перейдетъ въ атмосферу и поглотится гдѣ-либо какимъ-нибудь животнымъ, причемъ опять пойдетъ на образованіе углекислоты. Углеродъ же ея вступаетъ въ растеніи въ соединеніе съ водородомъ, кислородомъ и пр., образуя какое-либо органическое вещество, которое, можетъ-быть, спустя годы станетъ частью какого-либо другого живого существа. Мы можемъ быть увѣрены во всемъ этомъ потому, что повсюду, гдѣ мы можемъ прослѣдить судьбы веществъ, поступающихъ въ растенія или въ животныя, или покидающихъ ихъ, мы постоянно находимъ, что элементы этихъ веществъ проходятъ черезъ живые организмы, не претерпѣвая никакихъ измѣненій ни въ своей природѣ, ни въ своей массѣ. Если такой фактъ былъ наблюдаемъ столь часто и притомъ безусловно точнымъ образомъ, и если изъ него ни разу не наблюдалось исключеній, то мы можемъ, въ силу логическихъ положеній нашего знанія, принять, что въ данномъ случаѣ мы имѣемъ дѣло съ однимъ изъ общихъ законовъ природы.

Если мы разсмотримъ то, что было бы, если бы постоянство матеріи въ сферѣ органической жизни не являлось общимъ закономъ, то мы опять-таки придемъ къ подтвержденію этого положенія. Данныя палеонтологіи указываютъ на то, что растительная и животная жизнь существуетъ на землѣ уже неизмѣримо продолжительное время, которое, вѣроятно, должно быть исчисляемо милліонами, даже, можетъ-быть, сотнями милліоновъ лѣтъ. Если бы было возможно образованіе или уничтоженіе какого-либо вещества, напр. углерода, внутри животнаго или растительнаго организма, въ количествѣ, допустимъ, нѣсколькихъ килограммъ въ теченіе одного года, то, въ концѣ концовъ, общее количество этого вещества за столь безконечно долгіе періоды времени или увеличилось бы до чрезвычайности, или сильно уменьшилось бы. Какъ извѣстно, въ нѣдрахъ земли зале-

гаютъ громаднѣйшія массы угля, имѣющія органическое происхожденіе. Но какъ бы велики онѣ ни были, нѣтъ никакого основанія полагать, что онѣ возникли не на счетъ той углекислоты, которая входила въ составъ тогдашней атмосферы, такимъ способомъ, который былъ бы возможенъ и теперь. Потому что и тогда такъ же, какъ и теперь, животныя существовали на ряду съ растеніями, такъ что послѣднія могли получать углеродъ изъ углекислоты, выдѣляемой животными. Но если, съ другой стороны, общій запасъ углерода въ природѣ убывалъ бы, то трудно было бы понять, почему онъ не уничтожился въ теченіе столь длинныхъ геологическихъ періодовъ. Совершенно то же самое относится и къ каждому другому элементу. Фактъ, что жизнь на землѣ связана съ непрерывнымъ превращеніемъ веществъ, что одни и тѣ же вещества переходятъ изъ растительнаго міра въ міръ животныхъ и наоборотъ,—этотъ фактъ указываетъ намъ не только на то, что міръ живыхъ существъ обезпеченъ въ своемъ существованіи *постоянствомъ матеріи*, но и на то, что законъ постоянства матеріи находитъ здѣсь полное подтвержденіе въ самыхъ широкихъ размѣрахъ. Такое осуществленіе этого закона въ природѣ является дополненіемъ тѣхъ отдѣльныхъ, дѣлаемыхъ въ маломъ масштабѣ опытовъ, которые впервые привели къ установкѣ этого закона.

Очевидно, для нашего пониманія явленій природы, вообще, и процессовъ, совершающихся въ живыхъ организмахъ, въ частности, имѣетъ величайшее значеніе то положеніе, что основные законы, которымъ подчинена мертвая природа, остаются непреложными и для живой природы. Къ какимъ бы представленіямъ о сущности жизненныхъ явленій у тѣхъ или другихъ живыхъ существъ мы, при нашихъ изслѣдованіяхъ, ни пришли, всегда тотъ взглядъ, что матерія, входящая въ составъ живыхъ организмовъ, имѣетъ тѣ же основныя свойства, какія она проявляетъ и въ мертвой природѣ, и что жизненные процессы нисколько не измѣняютъ основныхъ свойствъ матеріи,—этотъ взглядъ всегда будетъ служить руководствомъ для нашего пониманія существенныхъ сторонъ жизненныхъ процессовъ.

5. Симбіозъ растеній и животныхъ. Тѣ отношенія, которыя существуютъ между животнымъ и растительнымъ мірами и которыя играютъ важную, извѣстную уже намъ роль въ общей экономіи природы, сохраняются и между небольшимъ числомъ организмовъ, совмѣстно живущихъ въ ограниченномъ пространствѣ.

Если мы захотимъ поддерживать жизнь животныхъ, заключенныхъ въ какое-либо замкнутое пространство, то мы должны будемъ не только доставлять имъ пищу, но и заботиться о доставкѣ имъ кислорода, на мѣсто ими потребленнаго, и объ удаленіи выдыхаемой ими углекислоты. Если этого послѣдняго не дѣлать, то животныя *задыхаются*; если доставляемой пищи будетъ недостаточно, то они будутъ *голодать*.

Но при совмѣстномъ существованіи животныхъ и растеній жизнь ихъ обезпечивается, если даже они не получаютъ извнѣ никакихъ веществъ и не могутъ выдѣлять тѣ или другіе продукты своей жизнедѣятельности.

Удушеніе животнаго можетъ наступить даже тогда, когда его и невполнѣ изолируютъ отъ окружающаго воздуха, какъ, напр., если помѣстить птичку на дно узкаго, высокаго стекляннаго цилиндра. Такъ же и водныя животныя, которыя держатся въ акваріумахъ, подвергаются опасности задушенія, если только газовый обмѣнъ между водою акваріума и окружающей атмосферою не совершается съ такою энергіею, чтобы достаточно скоро замѣщать потребляемый животными кислородъ и удалять выдѣляемую ими углекислоту. Поэтому является необходимымъ, чтобы поддерживать животныхъ въ здоровомъ состояніи, болѣе или менѣе часто мѣнять воду акваріума или пропускать черезъ нее непрерывный токъ воздуха. Точно также, если хотятъ держать сухопутныхъ животныхъ въ совершенно или почти совершенно замкнутой клѣткѣ, то клѣтка должна быть тщательно вентилируема.

Водныя животныя, которыхъ держатъ въ акваріумахъ, достигаютъ много лучшаго состоянія тогда, когда въ водѣ ихъ акваріума растутъ, одновременно съ ними, зеленыя водяныя растенія. Если акваріумъ достаточно хорошо освѣщается солнечнымъ свѣтомъ, то эти растенія разлагаютъ углекислоту, выдѣляемую животными акваріума, причемъ кислородъ углекислоты

освобождается и служитъ для дыханія этихъ животныхъ. Если растенія въ акваріумѣ находятся въ достаточномъ количествѣ по отношенію къ живущимъ тамъ животнымъ и если, кромѣ того растенія эти выбраны такъ, что имп могутъ питаться животныя акваріума, то жизнь этихъ животныхъ и растеній, при такомъ сожительствѣ, представляется, теоретически, независимою отъ внѣшняго міра. Такой акваріумъ можно было бы совершенно замкнуть, и тогда имѣлось бы въ малыхъ размѣрахъ то, что представляютъ собою, въ большихъ размѣрахъ, обитатели земли; этотъ мірокъ являлся бы міромъ въ стекляномъ сосудѣ, какъ это назвалъ Либихъ.

Взаимная зависимость животныхъ и растеній выясняется весьма наглядно на сожительствѣ водорослей съ амебами, инфузоріями, полипами и червями. У названныхъ животныхъ нерѣдко находятъ включенія, содержащія настоящій хлорофиллъ или другой пигментъ, равнозначущій въ физіологическомъ отношеніи съ хлорофилломъ. Поэтому, эти животныя разлагаютъ при дѣйствіи свѣта углекислоту и, благодаря этому, часто производятъ свободнаго кислорода въ большемъ количествѣ, чѣмъ они сами потребляютъ его при дыханіи, такъ что онѣ, подобно настоящимъ растеніямъ, при свѣтѣ выдѣляютъ кислородъ. Выяснено, что хлорофиллоносныя тѣльца попадаютъ въ этихъ животныхъ извнѣ; они лежатъ въ тѣлѣ животнаго не свободно, но окруженныя своею собственною протоплазмою, которая заключена, по большей части, въ особую оболочку изъ клѣтчатки. Сверхъ того, эти тѣльца обладаютъ также собственнымъ ядромъ; они представляютъ собою одноклѣточныя водоросли, которыя проникаютъ въ означенныхъ животныхъ извнѣ. Ихъ можно выдѣлить изъ животныхъ тѣми или другими пріемами; они и тогда продолжаютъ все-таки жить, лишь бы имъ существовали благопріятныя условія для питанія. Кромѣ того, они могутъ жить и тогда, когда животное, въ которомъ они поселились, умерло. Размноженіе ихъ происходитъ или путемъ дѣленія, или путемъ споро-образованія, какъ и у другихъ водорослей.

Прониканіе водорослей въ тѣхъ животныхъ, которыя имѣютъ кишечникъ, происходитъ черезъ этотъ послѣдній: животныя поглощаютъ водоросли. Бо́льшая часть водорослей погибаетъ, конечно, при этомъ, но нѣкоторыя изъ нихъ остаются въ живыхъ, проходятъ черезъ стѣнки кишечника въ тѣло животнаго-хозяина и пробираются постепенно до эктодермы его, гдѣ они и поселяются. Такимъ образомъ возникаетъ сожительство животнаго и растенія, изъ котораго то и другое извлекаютъ для себя извѣстныя выгоды. Такое сожительство называется симбіозомъ. Въ разсматриваемомъ нами случаѣ растеніе получаетъ отъ животнаго углекислоту, минеральныя вещества и азотистые продукты распада, изъ которыхъ оно образуетъ, подъ вліяніемъ свѣта, вещества, входящія въ составъ его тѣла; животное же, съ своей стороны, живетъ или вполнѣ, или только отчасти на счетъ веществъ, производимыхъ растеніемъ, и пользуется кислородомъ, выдѣляемымъ этимъ послѣднимъ, такъ что оно не имѣетъ, по большей части, необходимости добывать себѣ пищу извнѣ. У инфузорій, которыя даютъ въ себѣ пріютъ водорослямъ, можно правда видѣть, что движеніе рѣсничекъ производитъ теченіе воды внутрь тѣла животнаго; но нѣтъ необходимости, чтобы вода содержала какія-либо твердыя питательныя вещества: такое животное можетъ жить долгое время и въ фильтрованной водѣ, даже лучше, чѣмъ въ нефильтрованной, тогда какъ другія инфузоріи въ фильтрованной водѣ погибаютъ за недостаткомъ пищи. Итакъ между инфузоріею и заключенными въ нихъ водорослями устанавливаются, въ маломъ размѣрѣ, такія отношенія, какія существуютъ между животнымъ міромъ и растительнымъ.

Подобное же сожительство мы встрѣчаемъ у такъ называемыхъ лишаевъ, — формъ, въ которыхъ совмѣстно живутъ водоросли и грибы. Долгое время лишаи считались за растенія особаго класса, отличныя отъ грибовъ и водорослей; теперь выяснено, что лишаи суть водоросли, живущія на грибахъ или въ самихъ грибахъ, причемъ онѣ обрастаютъ грибными нитями, сохраняя, однако, свою самостоятельность. Грибы, лишенные хлорофилла, питаются, по существу, такъ же, какъ животныя. Въ лишаяхъ грибъ доставляетъ своему сожителю мѣсто для жительства, углекислоту и азотъ, водоросль же сама питаетъ грибъ

тѣми органическими веществами, которыя она производитъ. Поэтому и это сожительство представляется весьма независимымъ отъ внѣшняго міра. Въ то время, какъ грибы произрастаютъ вообще только на органической почвѣ, лишаи живутъ на камняхъ, безплодномъ пескѣ, даже на льду. Въ иныхъ мѣстахъ земного шара они представляютъ собою единственную растительность; въ полярныхъ странахъ, равно какъ на снѣжныхъ горныхъ вершинахъ и скалахъ, гдѣ ничего кромѣ лишаевъ не растетъ, лишаи часто занимаютъ обширныя пространства. Если они растутъ на органической почвѣ, какъ напр. на корѣ дерева, то они заимствуютъ изъ нея только минеральныя вещества. Такъ какъ они могутъ прикрѣпляться даже къ самымъ твердымъ камнямъ, то они дѣлаютъ минеральныя составныя части этихъ послѣднихъ доступными не только непосредственно для самихъ себя, но и для другихъ растеній. Изъ минеральныхъ веществъ, воды и углекислоты воздуха, въ нихъ образуются значительныя количества органическихъ веществъ, идущія на питаніе животныхъ; умирая, лишаи образуютъ гумусъ (перегной), на которомъ могутъ расти другія растенія.

6. Значеніе удобренія. Обособленнымъ, самостоятельнымъ міркомъ до извѣстной степени является любой клочокъ земли, напр., большое имѣніе, вмѣстѣ съ его обитателями—животными и растеніями, въ томъ случаѣ, если въ это имѣніе ничего не доставляется извнѣ и ничего изъ него не вывозится. Какъ люди, такъ и животныя, населяющіе это имѣніе, питаются тѣмъ, что производитъ его почва. Они питаются произрастающими тамъ растеніями или непосредственно, или же косвенно, именно въ томъ случаѣ, если пищей имъ служатъ животныя, питающіяся этими растеніями. Для производства своихъ органическихъ веществъ растенія должны поглощать изъ окружающаго воздуха углекислоту *), изъ почвы же воду и неорганическія соединенія, въ особенности содержащія азотъ. Хотя количество поглощаемыхъ солей и незначительно, однако, въ концѣ концовъ долженъ былъ бы наступить моментъ обѣднѣнія почвы минеральными веществами, такъ что питаніе растеній сдѣлалось бы недостаточнымъ. Чтобы предупредить это, является необходимымъ возвращать обратно въ почву, черезъ удобреніе, тѣ минеральныя вещества, которыя оттуда извлекаются растеніями, главнымъ же образомъ азотъ.

Изъ пищи, вводимой въ животный организмъ, небольшая часть остается невсосанною и выдѣляется съ каломъ въ неизмѣненномъ видѣ. Изъ всосанныхъ же веществъ углеводы и жиры сгораютъ, образуя воду и углекислоту; протеиновыя же тѣла рядомъ съ углекислотою и водою образуютъ еще мочевину и другіе азотистые продукты, выдѣляющіеся изъ тѣла съ мочею.

Наконецъ, и всѣ неорганическія соли, принимаемыя съ пищею, по истеченіи нѣкотораго времени также выдѣляются вонъ изъ животнаго организма. Если всѣ вещества, выдѣляемыя, въ жидкомъ или твердомъ состояніи, людьми и животными, живущими на извѣстномъ участкѣ земли, попадаютъ опять на пашню, то почва получаетъ снова всѣ неорганическія соли и весь азотъ, извлеченные изъ нея, и опять становится способною производить растенія **). При этомъ разсмотрѣніи кругооборота между растительнымъ и

---

*) Такъ какъ атмосфера надъ поверхностью почвы даннаго участка земли не замкнута и постоянно смѣшивается, благодаря вѣтрамъ, со всей воздушной оболочкой земли, то животныя даннаго участка всегда располагаютъ достаточнымъ количествомъ кислорода, растенія же—достаточнымъ количествомъ углекислоты, не нуждаясь въ мѣстномъ производствѣ этихъ газовъ. Также и вода доставляется почвѣ извнѣ, въ видѣ дождя, напр., и пр. Поэтому-то послѣдующія разсужденія относятся только къ твердымъ тѣламъ.

**) Здѣсь принимается во вниманіе только главная сторона удобренія, а именно доставка азота и солей. Другіе моменты, связанные съ удобреніемъ и благопріятствующіе произрастанію на данной почвѣ растеній, какъ напр. разрыхленіе почвы, не касаются разсматриваемаго вопроса и должны быть оставлены безъ разсмотрѣнія. Въ какомъ отношеніи измѣняется положеніе вещей на данномъ участкѣ земли, если онъ является незамкнутымъ, такъ что непосредственные продукты его

животнымъ міромъ мы оставили въ сторонѣ одинъ весьма важный факторъ. Не всѣ вещества, выдѣляемыя животными, могутъ быть утилизируемы зелеными растеніями непосредственно въ томъ видѣ, въ какомъ они оставляютъ животный организмъ. Эта непосредственная утилизація простирается только на воду, углекислоту и неорганическія соли. Бо́льшая часть азота, который оставляетъ животный организмъ въ видѣ мочевины или другихъ органическихъ соединеній, равно какъ и невсосанныя составныя части пищи, выдѣляемыя съ каломъ,—то, что называется, въ болѣе тѣсномъ смыслѣ, навозомъ,—далѣе всѣ отмершія и отпавшія части живыхъ организмовъ, а именно волосы, рога, копыта, кора, сломанныя вѣтви, опавшіе листья и пр.,—все это должно претерпѣть извѣстныя химическія превращенія, чтобы сдѣлаться удобнымъ для утилизаціи со стороны зеленыхъ растеній. Не будь этихъ промежуточныхъ, предварительныхъ превращеній, означенные продукты не попали бы въ вышеуказанный кругооборотъ веществъ. Эти продукты накоплялись бы тогда въ большихъ количествахъ, живая природа претерпѣвала бы изъ года въ годъ потери, что привело бы въ концѣ концовъ къ полному прекращенію всякой жизни на землѣ.

Здѣсь въ кругооборотъ веществъ вмѣшиваются самымъ разнообразнымъ способомъ другіе организмы. Всевозможнаго рода животныя, черви, насѣкомыя и ихъ личинки, а также высшія животныя, между ними и нѣкоторыя млекопитающія, не брезгуютъ незначительными количествами органическихъ веществъ, встрѣчаемыми въ отбросахъ всякаго рода; они довершаютъ то, что начали люди и болѣе разборчивыя животныя, а именно превращеніе органическихъ веществъ въ углекислоту, воду и мочевину. Въ этихъ дополнительныхъ, такъ сказать, процессахъ кругооборота веществъ наибольшее участіе принимаютъ растенія, лишенныя хлорофилла, именно бактеріи. Онѣ овладѣваютъ животными выдѣленіями и всякими отбросами; небольшую часть ихъ онѣ непосредственно переработываютъ вновь въ протеиновыя вещества, углеводы и жиры; бо́льшую же часть ихъ разлагаютъ далѣе такъ, что новые продукты распада дѣлаются пригодными для питанія зеленыхъ растеній и въ этихъ послѣднихъ снова идутъ на синтезъ веществъ, служащихъ для питанія животныхъ.

7. Растенія, лишенныя хлорофилла. Растенія, лишенныя хлорофилла, состоятъ въ существенныхъ чертахъ изъ тѣхъ же веществъ, какія входятъ въ составъ хлорофиллоносныхъ, а именно изъ протеиновыхъ тѣлъ, жировъ, углеводовъ, солей и воды. Для ихъ питанія, какъ и для питанія другихъ растеній, необходимы C, H, O, N, K, Ca, Mg, Fe, S и P. Такъ какъ они не могутъ разлагать углекислоты, то углеродъ долженъ доставляться имъ въ формѣ подходящихъ органическихъ соединеній *). Азотъ, необходимый для построенія протеиновыхъ тѣлъ, нѣкоторыя изъ нихъ могутъ заимствовать только изъ органическихъ, другія же также и изъ неорганическихъ азотистыхъ соединеній. Нѣкоторыя же могутъ утилизировать для этой цѣли даже свободный азотъ атмосферы.

(хлѣбъ въ зернѣ, овощи, фрукты), или посредственные (животныя или части ихъ, мясо, шерсть и пр.) вывозятся изъ него,—это понятно само собою. Въ такомъ случаѣ возникаетъ необходимость в в о з и т ь на этотъ участокъ земли въ качествѣ удобренія минеральныя вещества, въ особенности калій, фосфорную кислоту и азотъ. Воду и углекислоту этотъ участокъ получаетъ въ достаточномъ количествѣ изъ атмосферы. При обильной доставкѣ удобрительныхъ веществъ производительность почвы даннаго участка можетъ быть настолько повышена, что она начинаетъ давать тѣ или другіе продукты въ количествѣ, превышающемъ потребности обитателей этого участка, такъ что является безусловная возможность часть продуктовъ вывозить изъ него.

*) Только одинъ видъ бактерій, насколько это извѣстно въ настоящее время, можетъ разлагать углекислоту и отщепляемый при этомъ углеродъ употреблять для синтеза составныхъ частей протоплазмы. При искусственныхъ культурахъ растеній, лишенныхъ хлорофилла, пользуются, какъ источникомъ углерода, обыкновенно сахаромъ, муравьиною или виннокаменною кислотою и другими подобными соединеніями.

Питательные растворы, въ которыхъ хорошо растутъ почти всѣ растенія, лишенныя хлорофилла, составляются слѣдующимъ образомъ, по предписанію Пастера (I) и по предписанію Ферд. Кона (II):

I растворъ Пастера	II растворъ Кона
10 gr. виннокаменнокисл. аммонія 100 gr. леденца и золы отъ 10 gr. дрожжей,— на 1 литръ воды.	5 gr. фосфорнокисл. калія 5 gr. сѣрнокислой магнезіи 10 gr. виннокаменнокисл. аммонія 0,5 gr. фосфорнокисл. извести [$Ca_3(PO_4)_2$] на 1 литръ воды.

На желѣзо и на другія вещества, хотя не безусловно необходимыя для питанія, но однакоже полезныя, не обращено здѣсь вниманія, такъ какъ потребныя незначительныя количества ихъ обыкновенно встрѣчаются въ водѣ и въ употребляемыхъ химическихъ реактивахъ. Для культуръ бактерій пользуются въ новѣйшее время по большей части настоями или отварами растительныхъ или животныхъ массъ (настоями сѣна, бульономъ и т. п.), которые вмѣстѣ съ незначительными количествами органическихъ веществъ содержатъ необходимыя соли; къ нимъ, смотря по надобности, прибавляютъ тѣ или другія вещества. Бактеріи, которыя способны усвоять атмосферный азотъ, нуждаются, при культивированіи, въ доставкѣ только углерода, — въ видѣ сахара—и солей калія, магнія и пр. Для бо́льшей части бактерій благопріятною питательною средою является среда съ слабою щелочною реакціею. Небольшая прибавка поваренной соли обыкновенно также способствуетъ росту и развитію бактерій.

Тѣ организмы, къ разсмотрѣнію дѣятельности которых, связанной съ переработкою веществъ, не утилизируемыхъ непосредственно высшими животными и хлорофиллоносными растеніями, мы теперь переходимъ, принадлежатъ къ различнымъ классамъ и порядкамъ. По большей части это суть низшіе грибы: дробянки или бактеріи, дрожжевые грибки и нитчатые или сумчатые грибы. Такъ какъ они почти безъ исключенія имѣютъ микроскопическую величину, то мы будемъ ихъ называть также микробами.

Для нашей цѣли представляется важнымъ, главнымъ образомъ, родъ и способъ ихъ питанія. Если оно происходитъ исключительно на счетъ органическихъ веществъ въ родѣ протеиновъ и имъ подобныхъ, то оно почти не отличается отъ питанія животныхъ. Если подобные организмы обладаютъ способностью къ движеніямъ, то можетъ явиться сомнѣніе, должно ли ихъ причислить къ растеніямъ или къ животнымъ. Это имѣетъ мѣсто напр. у слизистыхъ грибовъ и у нѣкоторыхъ жгутиковыхъ, которыхъ одинаково часто относятъ то къ животнымъ, то къ растеніямъ.

Отъ чисто животнаго питанія до чисто растительнаго существуетъ родъ всевозможныхъ переходовъ. Въ предѣлахъ одной морфологически единой группы низшихъ существъ нѣкоторые виды имѣютъ хлорофи[illegible] и питаются подобно высшимъ растеніямъ; другіе же совершенно лишены его.

Для ближайшаго ознакомленія съ условіями жизни микробовъ, необходимо разнообразные виды ихъ, встрѣчающіеся въ природѣ, по большей части, соединенными вмѣстѣ самымъ различнымъ образомъ, отдѣлить другъ отъ друга. Для этого съ успѣхомъ пользуются методомъ, выработаннымъ съ этою цѣлью Робертомъ Кохомъ, именно культивированіемъ ихъ на твердыхъ и прозрачныхъ средахъ, содержащихъ питательныя вещества. При этомъ различные виды организмовъ, находящіеся смѣшанными, путемъ сильнаго разведенія содержащей ихъ жидкости, отдѣляются другъ отъ друга, а затѣмъ жидкость тонкимъ слоемъ распредѣляется на пластинкѣ. Если пользоваться быстро затвердѣвающими растворами, въ родѣ раствора желатины, распредѣляя его тонкимъ слоемъ на горизонтальной стеклянной пластинкѣ, то можно вызвать образованіе колоній, состоящихъ почти изъ однородныхъ видовъ и возникшихъ вслѣдствіе быстраго размноженія единичныхъ, отдѣленныхъ другъ отъ друга индивидуумовъ. Черезъ повторное пересѣиваніе (зараженіе) какой-либо одной подобной колоніи на новую питательную среду получаютъ, въ концѣ концовъ, совершенно чистыя культуры, изъ которыхъ каждая содержитъ только одинъ видъ бактерій.

Чтобы обезпечить достаточное питаніе и связанное съ нимъ быстрое размноженіе, нужно прибавлять къ желатинѣ вещества, необходимыя для питанія. Если условія питанія культивируемаго вида уже извѣстны, то выборъ питательныхъ веществъ рѣшается просто. Въ противномъ случаѣ питательной средѣ придаютъ составъ, пригодный для питанія почти всѣхъ бактерій, въ родѣ вышеуказаннаго на стр. 268. Для быстраго развитія, по большей части оказывается благопріятною повышенная температура. Такъ какъ желатина при температурахъ выше 25° дѣлается жидкою, то въ случаяхъ примѣненія болѣе высокихъ температуръ приходится употреблять другія питательныя среды, напр. студень агаръ-агара (масса, получаемая изъ различныхъ водорослей). Для иныхъ культуръ съ выгодой примѣняется также совершенно неорганическая среда, состоящая изъ студенистой кремневой кислоты, къ которой прибавляютъ необходимыя питательныя вещества.

Если выращиваютъ анаэробныя бактеріи (см. гл. 14, § 4), то питательную среду вмѣстѣ съ бактеріями помѣщаютъ въ замкнутый стеклянный сосудъ, изъ котораго воздухъ вытѣсненъ водородомъ или свѣтильнымъ газомъ.

Этихъ указаній достаточно для пониманія послѣдующаго. Входить подробнѣе въ техническую сторону этихъ опытовъ представляется для нашихъ цѣлей излишнимъ.

8. Химическія дѣйствія микробовъ. Въ природѣ встрѣчаются въ одной и той же средѣ, другъ подлѣ друга, весьма различные микробы и ихъ споры; они размножаются и проявляютъ свое специфическое дѣйствіе только при извѣстныхъ условіяхъ. Часто случается, что съ теченіемъ времени число микробовъ различныхъ видовъ, живущихъ вмѣстѣ, измѣняется. Тѣ изъ нихъ, которые находятъ благопріятныя условія для своего питанія и размноженія, которымъ болѣе подходитъ химическій составъ питающей ихъ почвы, ея реакція, температура и т. д. мало-помалу совершенно вытѣсняютъ другихъ; нѣкоторыя же, вслѣдствіе истребленія нужныхъ для нихъ веществъ или вслѣдствіе какого-либо новаго измѣненія благопріятныхъ для нихъ условій, уступаютъ мѣсто другимъ, находившимся или въ незначительномъ количествѣ или въ зародышевой формѣ. На данную почву могутъ затѣмъ попасть новые виды микробовъ; если мѣстныя условія оказываются для нихъ благопріятными, то они могутъ взять верхъ надъ тѣми, которые находились здѣсь ранѣе. Всѣ эти обстоятельства нужно имѣть въ виду, если желаютъ составить правильное сужденіе о процессахъ, совершающихся въ природѣ. Это становится возможнымъ, если благодаря изслѣдованіямъ, производимымъ надъ чистыми культурами, выясняются условія жизни и жизненные процессы, свойственные каждому отдѣльному виду.

Наблюденія, сдѣланныя надъ чистыми культурами, выяснили, что микробы производятъ въ тѣхъ веществахъ, съ которыми они приходятъ въ соприкосновеніе, рядъ разнообразныхъ измѣненій. Каждому роду микробовъ свойственны особыя химическія дѣйствія, а именно микробы одного рода разлагаютъ протеиновыя вещества, другого—дѣйствуютъ на углеводы и т. д. Какимъ образомъ совершаются эти разложенія, объ этомъ мы скажемъ ниже. Здѣсь же мы займемся ими постольку, поскольку они оказываютъ вліяніе на кругооборотъ веществъ.

Конечными продуктами разложенія, вызываемаго микробами, являются азотъ, амміакъ, водородъ, углекислота, метанъ, сѣроводородъ, сѣрная и фосфорная кислоты. Эти конечные продукты появляются только постепенно; сперва образуются всякаго рода промежуточные продукты: изъ протеиновъ — пептонообразныя тѣла, органическія основанія, такъ называемые птомаины и т. д.; изъ жировъ—свободныя жирныя кислоты и др. Нѣкоторые изъ этихъ продуктовъ летучи и обусловливаютъ тотъ или другой запахъ, развивающійся при разложеніи.

Изъ всѣхъ этихъ веществъ непосредственно утилизируются хлорифоллоносными растеніями для постройки органическихъ веществъ только углекислота, вода, сѣрная и фосфорная кислоты; амміакъ же только въ незначительномъ количествѣ. Но подъ вліяніемъ другихъ бактерій разложеніе веществъ идетъ дальше. Если къ разлагающимся веществамъ имѣетъ свободный доступъ кислородъ атмосфернаго воздуха, то процессы окисленія дѣлаются

при данномъ разложеніи преобладающими и ведутъ къ образованію углекислоты и воды. Въ такомъ случаѣ метанъ и свободный водородъ отсутствуютъ среди продуктовъ распада. Нѣкоторыя (сѣро-бактеріи) разлагаютъ сѣроводородъ, отлагая въ себѣ сѣру, которую онѣ затѣмъ окисляютъ въ сѣрную кислоту *), образующую съ металлами, находящимися повсюду, соли.

Какой степени достигаютъ разложенія, вызываемыя бактеріями, въ томъ или другомъ случаѣ, зависитъ отъ природы данныхъ бактерій и отъ того, протекаютъ ли эти разложенія при большемъ или меньшемъ доступѣ воздуха. Въ природѣ почти повсюду находятся всевозможные бактеріи и ихъ зародыши, и, смотря по преобладающимъ условіямъ, развиваются сильнѣе тѣ, которымъ эти условія наиболѣе благопріятствуютъ. На днѣ стоячихъ водъ, въ почвѣ котораго находится много разлагающихся органическихъ веществъ, легко появляется недостатокъ въ свободномъ кислородѣ. При этихъ условіяхъ берутъ перевѣсъ анаэробныя бактеріи, развивающія сѣроводородъ и метанъ **). Совершенно также дѣло обстоитъ въ кишечникѣ высшихъ животныхъ, гдѣ постоянно имѣются бактеріи, попадающія сюда изъ воздуха вмѣстѣ съ проглатываемыми слюною и пищею. Поэтому-то въ кишечникѣ рядомъ съ настоящимъ перевариваніемъ пищи совершаются и разложенія вышеупомянутаго характера. Выдѣляемый калъ рядомъ съ совершенно непереваренными и полупереваренными остатками пищи постоянно содержитъ въ измѣнчивомъ количествѣ также и продукты распада ея. То, что началось въ кишечникѣ, продолжается дальше и внѣ животнаго организма вслѣдствіе дѣятельности выдѣленныхъ съ каломъ или только позже попавшихъ бактерій. Навозъ животнаго происхожденія гніетъ, какъ говоритъ простой народъ, и только благодаря этому онъ дѣлается годнымъ для питанія зеленыхъ растеній.

Такъ какъ изъ всѣхъ веществъ навоза, важныхъ для роста растеній, минеральныя вещества, главнымъ образомъ калійныя соли и фосфаты, по большей части утилизируются непосредственно, то при «гніеніи» прежде всего дѣло идетъ о томъ, чтобы азотъ навоза перевести въ усвояемую форму. Рядомъ съ азотомъ еще неизмѣненныхъ протеиновыхъ тѣлъ, переходящимъ, какъ мы только-что видѣли, частью въ газообразный азотъ, частью въ амміакъ, должны быть приняты во вниманіе, какъ составныя части навоза, мочевина и родственные ей продукты превращенія (гиппуровая кислота, мочевая кислота и т. д.). Они переводятся сначала въ углекислый аммоній. Это происходитъ подъ вліяніемъ извѣстныхъ бактерій (Micrococcus ureae и пр.), превращающихъ мочевину съ принятіемъ воды въ углекислый аммоній. Другія бактеріи, нитрифицирующія, переводятъ амміакъ въ азотистую кислоту, изъ которой, въ свою очередь, подъ вліяніемъ нитрофицирующихъ бактерій возникаетъ азотная кислота ***).

---

*) Этому окислительному дѣйствію аналогично дѣйствіе желѣзо-бактерій, которыя превращаютъ повсюду находящіяся незначительныя количества соединеній закиси желѣза въ соли окиси.

**) Отсюда и названіе «болотный газъ».

***) Переходъ мочевины въ углекислый аммоній представляется гидратаціоннымъ процессомъ: $CO(NH_2)_2+2H_2O=CO_3(NH_4)_2$. Углекислый аммоній переходитъ въ присутствіи другихъ кислотъ въ амміачныя соли этихъ послѣднихъ. Амміачныя соли могутъ утилизироваться, какъ источникъ азота, хлорофиллоносными растеніями, но въ меньшей степени, чѣмъ азотнокислыя соли.

Образованіе солей азотистой и азотной кислотъ начинается въ стойлахъ, въ навозныхъ кучахъ и т. д., заканчивается-же на поляхъ. Образующіяся названныя кислоты соединяются съ амміакомъ и каліемъ въ соли. Образованіе азотно-кислаго калія (селитры) изъ органическихъ веществъ происходитъ въ иныхъ мѣстахъ, напр. на стѣнахъ, въ поверхностныхъ слояхъ земли и т. д. въ столь значительныхъ количествахъ, что она можетъ быть получаема такимъ путемъ для техническихъ цѣлей. Иногда условія, благопріятствующія образованію селитры, создаются искусственно, а именно черезъ переслоиваніе гніющихъ веществъ съ землею, съ щебнемъ стѣнъ и проч., причемъ эти массы складываются въ кучи и держатся въ влажномъ состояніи. Чилій-

9. Азотобактеріи. Лишь нѣкоторыя немногія бактеріи могутъ утилизировать свободный азотъ. Доселѣ изъ таковыхъ извѣстны только Clostridium Pasteurianum и клубневыя бактеріи у бобовыхъ (Bacillus radicicola, называемый также Rhizobium leguminosarum). Послѣднія вслѣдствіе ихъ важнаго значенія для земледѣлія изслѣдованы ближе. Вѣроятно, существуютъ и другія бактеріи съ подобными свойствами, особенно въ почвѣ лѣсовъ, которая производитъ безо всякаго удобренія, въ теченіе многихъ лѣтъ массы органическаго вещества, отлагаемаго въ растеніяхъ, несмотря на то, что азотъ изъ нея непрерывно извлекается.

На корняхъ бобовыхъ растеній (горохѣ, бобахъ, лупинѣ, клеверѣ и проч.) находятся неправильныя утолщенія, называемыя клубеньками. Они обязаны своимъ происхожденіемъ бактеріямъ, проникающимъ внутрь, сквозь кожицу корней; здѣсь онѣ размножаются, образуютъ такъ называемыя бактероиды, т.-е. подвергаются всякаго рода измѣненіямъ своей формы, и, наконецъ, погибаютъ. Бактеріи поглощаютъ изъ воздуха, находящагося въ почвѣ, азотъ, другія же вещества, необходимыя для ихъ роста и размноженія, какъ воду, соли и углеродистыя соединенія, частью берутъ изъ почвы, частью изъ корней растенія, съ тканью которыхъ находятся въ непосредственномъ соприкосновеніи. Но то, что онѣ берутъ у растенія, онѣ возмѣщаютъ ему съ избыткомъ. А именно послѣ ихъ смерти растеніе беретъ въ свою пользу скопленныя въ бактероидахъ азотистыя соединенія. Если культивировать мотыльковыя растенія, имѣющія на корняхъ клубеньки, въ почвѣ, богатой каліемъ и фосфорной кислотой, но мало или совсѣмъ не содержащей азота, то растенія, несмотря на это, прекрасно развиваются, прибавленіе къ почвѣ азотистыхъ солей, весьма усиливающее развитіе всѣхъ растеній, не оказываетъ почти никакого вліянія на мотыльковыя растенія.

Если росток ихъ, выращенный изъ сѣмени, помѣстить въ прокаленную раньше почву, которая, конечно, не содержитъ уже никакихъ живыхъ бактерій, то на корняхъ ихъ не образуется никакихъ клубеньковъ. Растенія произрастаютъ вяло, хотя бы имъ былъ предоставленъ избытокъ фосфорнокислаго калія и азотнокислыхъ солей. Но если прибавить къ почвѣ нѣсколько земли, содержащей клубеньки, или посѣять въ нее Bacillus radicicola, то растенія роскошно вырастаютъ и содержатъ много азота.

Изъ всего этого слѣдуетъ, что бактеріи накопляютъ азотъ, послѣдній отчасти переходитъ въ растеніе, отчасти же остается въ почвѣ съ корнями и съ висящими на нихъ бактероидами. Поэтому мотыльковыя, въ отличіе отъ другихъ зеленыхъ растеній, дѣлаютъ почву богаче азотомъ, чѣмъ она была передъ посѣвомъ; и если въ ней нѣтъ недостатка въ кали и фосфатахъ, то, послѣ уборки мотыльковыхъ, она въ состояніи снова служить для питанія другихъ растеній. Поэтому при недостаткѣ навоза оказывается выгоднымъ сѣять предварительно мотыльковыя растенія. Бѣдная питательными веществами почва, послѣ снятія съ нея лупина или запахиванія его, такъ что онъ цѣликомъ остается въ ней, даетъ хорошіе урожаи и другихъ растеній (зеленое удобреніе).

10. Тлѣніе, гніеніе. Распадъ органическихъ веществъ, происходящій подъ вліяніемъ разнообразныхъ бактерій, протекаетъ различнымъ образомъ въ зависимости отъ количества воды и смотря по тому, имѣетъ ли воздухъ свободный доступъ или нѣтъ. По отношенію къ растительнымъ отмершимъ частямъ имѣетъ еще важное значеніе, заключены или нѣтъ протеиновыя вещества, подлежащія распаду, въ целлюлезныя оболочки, весьма трудно разлагающіяся и сопротивляющіяся всякаго рода химическимъ воздѣйствіямъ. Въ присутствіи большого количества воды происходитъ обыкновенно процессъ разложенія, называемый гніеніемъ. Если же воды немного, тогда въ разлагающейся массѣ остается много всякаго рода органическихъ промежуточныхъ продуктовъ. Такая форма разложенія называется тлѣніемъ, и получающіяся при этомъ вещества носятъ названіе гуминовыхъ веществъ. Смѣсь, состоящая изъ неразложенныхъ и болѣе или менѣе разложившихся органическихъ веществъ, а также изъ многихъ неорганическихъ, такъ называемый гумусъ или перегной,

---

ская селитра, доставляемая изъ Перу, состоящая не изъ калійной соли азотной кислоты, а изъ натронной, обязана своимъ происхожденіемъ, вѣроятно, органическимъ веществамъ. То же самое можно сказать и о нѣкоторыхъ минералахъ, какъ напр. дерновомъ желѣзнякѣ, состоящемъ главнымъ образомъ изъ окиси желѣза; въ образованіи его участвовали желѣзобактеріи.

служитъ многимъ животнымъ и растеніямъ мѣстомъ жительства и источникомъ пищи. Благодаря своимъ физическимъ и химическимъ свойствамъ, а именно способности связывать большія количества амміака, изъ котораго затѣмъ нитрофицирующія бактеріи образуютъ азотныя и азотистыя соли, гумусъ имѣетъ весьма важное значеніе при ростѣ растеній. Прибавленный къ почвѣ, онъ дѣлаетъ послѣднюю болѣе рыхлой, способной поглощать больше воды и удерживать въ верхнихъ слояхъ полезныя для растеній соли; благодаря своему темному цвѣту онъ сильнѣе согрѣвается подъ дѣйствіемъ солнечныхъ лучей и т. п. Все это благопріятствуетъ развитію растеній. Но и слишкомъ большой избытокъ гуминовыхъ веществъ, вслѣдствіе удерживанія значительныхъ количествъ воды, можетъ оказаться вреднымъ для корней растеній *).

Между тлѣніемъ и гніеніемъ въ собственномъ смыслѣ этого слова имѣетъ мѣсто еще одинъ промежуточный родъ разложенія при условіяхъ малаго количества влаги и большого доступа воздуха. Разложеніе это происходитъ благодаря дѣятельности аэробныхъ бактерій; образующіеся при этомъ летучіе промежуточные продукты съ непріятнымъ запахомъ или отдѣляются въ атмосферу или быстро переводятся въ окончательные продукты дѣятельности бактерій—углекислоту и азотнокислыя соли.

Благодаря вышеописаннымъ превращеніямъ, органическія вещества, находящіяся въ отбросахъ, служатъ частью пищею для микроорганизмовъ, частью же переходятъ въ соединенія, усвояемыя зелеными растеніями, и могущія такимъ образомъ служить къ образованію протеиновъ, жировъ и углеводовъ. Благодаря этимъ превращеніямъ завершается полный круговоротъ веществъ, и обезпечивается на землѣ жизнь организмовъ **).

11. Классификація организмовъ. На основаніи вышеприведенныхъ условій жизни и питанія мы можемъ всѣ извѣстные намъ организмы подраздѣлить на слѣдующіе отдѣлы:

1) Настоящія растенія. Они содержатъ хлорофиллъ и вслѣдствіе этого разлагаютъ на свѣту углекислоту. Они поглощаютъ воду и соли, въ числѣ которыхъ обязательно должны быть и азотистыя соединенія (азотнокислыя соли, менѣе удовлетворительны амміачныя соли), фосфаты и сульфаты, а также калій, кальцій, магнезія и желѣзо. Они образуютъ изъ всѣхъ этихъ соединеній и изъ углерода расщепленной углекислоты протеины, жиры и углеводы. Они при дыханіи потребляютъ кислородъ и производятъ углекислоту, но въ присутствіи свѣта перевѣшиваетъ поглощеніе углекислоты и выдѣленіе кислорода.

2) Растенія, не содержащія хлорофилла. Они образуютъ протеины, углеводы и жиры изъ органическихъ соединеній, содержащихъ и не содержащихъ азота, или изъ азотныхъ и амміачныхъ солей. Они при дыханіи потребляютъ кислородъ и выдѣляютъ углекислоту. Только нѣкоторыя изъ нихъ могутъ поглощать непосредственно газообразный азотъ и углекислоту.

3) Животныя. Они не могутъ образовать органическихъ веществъ изъ неоргани-

---

*) Поэтому такую землю необходимо сдѣлать болѣе сухой, смѣшивая ее съ пескомъ или чѣмъ-нибудь подобнымъ. Такъ какъ гумусъ всегда образуется въ поверхностномъ слоѣ пахотной или садовой земли изъ отмершихъ частей растеній, остающихся корней и т. д., то вспахиваніемъ или перекапываніемъ достигается смѣшиваніе, весьма благопріятное для роста новыхъ растеній. Съ этимъ обыкновенно связана прибавка удобренія, и, кромѣ того, распаденіе веществъ, вынесенныхъ на поверхность, совершается легче подъ вліяніемъ свѣта и воды; почва, какъ говорятъ земледѣльцы, о б р а б о т а н а.

**) Между всѣми окончательными продуктами распада, обусловливаемаго бактеріями, встрѣчаются только два - свободный водородъ и метанъ, которые непосредственно не усвояются живыми организмами. Тѣмъ не менѣе въ атмосферѣ находятся лишь слѣды этихъ газовъ. Водородъ, по всей вѣроятности, окисляется въ воду электрическими разрядами во время грозы. Изъ метана одновременно могутъ тогда образоваться CO_2 и H_2O; впрочемъ послѣднее окисленіе можетъ происходить и при содѣйствіи микробовъ, если нѣтъ недостатка въ кислородѣ.

ческихъ соединеній, они воспринимаютъ въ себя протеины, углеводы и жиры и разрушаютъ ихъ путемъ окисленія.

Они дышатъ кислородомъ и выдыхаютъ угольную кислоту. Какъ продукты окисленія протеиновъ, они выдѣляютъ азотъ содержащія тѣла въ родѣ мочевины.

Живыя существа, принадлежащія ко второй группѣ, представляютъ собою, въ отношеніи своего питанія, промежуточное звено между растеніями и животными. Они во многомъ проявляютъ настоящій характеръ растеній, но не могутъ, какъ послѣднія, питаться исключительно на счетъ почвы, содержащей только минеральныя вещества.

Группа эта обнимаетъ много организмовъ, которые выказываютъ самое большое разнообразіе въ условіяхъ своей жизни. Ихъ всѣхъ, за небольшими исключеніями, когда они на подобіе зеленыхъ растеній питаются только неорганическими веществами, можно раздѣлить на подгруппы—обитателей гумуса, сапрофитовъ и паразитовъ.

12. Обитатели гумуса и сапрофиты. Какъ мы видѣли, перегной гумусъ представляетъ собою большія преимущества для жизни настоящихъ растеній, благодаря обилію находящихся въ немъ минеральныхъ веществъ. Кромѣ того, онъ предоставляетъ благопріятныя условія питанія для животныхъ и такихъ растеній, которыя хотя не вполнѣ лишены хлорофилла, но имѣютъ мало развитые листья, такъ что съ удобствомъ пользуются прибавкою готовыхъ органическихъ веществъ къ своей минеральной пищѣ. Сюда относятся между прочимъ орхидеи, равно какъ и выше упомянутыя насѣкомоядныя растенія. Но большинство обитателей гумуса—это растенія, лишенныя хлорофилла, главнымъ образомъ, грибы. Они вслѣдствіе отсутствія хлорофилла не нуждаются въ свѣтѣ; нѣкоторые часть своей жизни, другіе, какъ напр., трюфели, всю жизнь проводятъ подъ землей. Они превращаютъ разлагающіяся органическія вещества почвы въ протеины, жиры и углеводы и, такимъ образомъ, приготовляютъ изъ нихъ хорошую пищу для животныхъ и людей.

Зеленыя, но бѣдныя тѣмъ не менѣе хлорофилломъ растенія гумуса нуждаются въ помощи грибовъ для использованія органическихъ веществъ, находящихся въ гумусѣ. Грибныя нити проникаютъ съ одной стороны въ клѣтки корней, съ другой же находятся въ почвѣ. Онѣ воспринимаютъ изъ послѣдней пищу, насколько она состоитъ изъ органическихъ веществъ, и дѣлаютъ ее доступной для растеній. Взаимное отношеніе похоже на вышеупомянутое между бобовыми растеніями и Bacillus radicicola. Хвойныя деревья и другіе обитатели лѣса имѣютъ часто на своихъ корняхъ покровъ изъ грибныхъ нитей, такъ называемую микоризу, которая по всей вѣроятности приноситъ имъ такую же пользу.

Подобно гумусовой почвѣ, точно также отмершія части коры и бересты богаты продуктами распада органическихъ веществъ. Онѣ представляютъ собою хорошую питательную почву для разныхъ низшихъ растеній и животныхъ, въ томъ числѣ для мховъ и лишаевъ.

Обитатели гумуса по своему образу питанія стоятъ близко къ сапрофитамъ. Послѣдніе живутъ на мертвыхъ растеніяхъ и животныхъ, на частяхъ ихъ или на какихъ нибудь субстратахъ, содержащихъ органическія вещества, какъ растворы сахара, плоды и плодовые соки, отвары растительныхъ и животныхъ веществъ и т. п. Они обусловливаютъ разнообразныя измѣненія въ той средѣ, гдѣ живутъ. Сюда принадлежатъ:

a) Плѣсневые грибки; они встрѣчаются на хлѣбѣ, сырѣ, вареньѣ и т. д. Наиболѣе извѣстны изъ нихъ Mucor Mucedo, одноклѣточный, сильно вѣтвящійся грибокъ, и Penicillium glaucum, образующій сине-зеленые налеты.

b) Возбудители броженій, по большей части дрожжевые грибки; среди нихъ наиболѣе извѣстны дрожжи или сахаромицеты, расщепляющіе сахаръ на спиртъ и углекислоту. Они играютъ важную роль въ производствахъ, занимающихся приготовленіемъ спиртныхъ напитковъ (вино, пиво, водка и т. д.). Путемъ тщательныхъ чистыхъ разводокъ различныхъ видовъ сахаромицетовъ и отдѣленіемъ отъ нихъ бактерій, находящихся часто вмѣстѣ съ ними, можно такъ направить ходъ броженія, что рядомъ съ алкоголемъ и углекислотою обра-

зуются еще и другіе опредѣленные побочные продукты, особенно извѣстные эѳиры, обусловливающіе извѣстный вкусъ и запахъ. Напротивъ, при употребленіи нечистыхъ культуръ, содержащихъ смѣсь различныхъ видовъ дрожжей и бактерій, превращенія не могутъ быть контролируемы. Присутствіе Bacterium aceti, напр., производитъ въ бродящихъ жидкостяхъ такъ называемое «скисаніе», превращеніе спирта въ уксусъ.

c) Возбудители гніенія, по большей части въ видѣ кокковъ и бактерій, принадлежащихъ къ классу расщепляющихся грибковъ или дробянокъ. Они разлагаютъ первичныя или свернутыя бѣлковыя тѣла такимъ образомъ, что сначала образуются пептонообразные продукты разложенія, затѣмъ вещества болѣе глубокаго распада, частью ядовитыя, частью отвратительныя по своему запаху. Въ качествѣ конечныхъ продуктовъ разложенія появляются углекислота, вода, амміакъ, амины, амидокислоты и сѣроводородъ. О нѣкоторыхъ изъ этихъ разложеній, вызываемыхъ микробами этой группы, была уже рѣчь въ 9 и 10 гл.

Слѣдовательно, вещества, выдѣляемыя животными въ формѣ, недоступной непосредственному усвоенію зелеными растеніями, а также выходящія какимъ-нибудь другимъ путемъ изъ состава органической жизни и тоже не могущія прямо служить для питанія растеній, благодаря вышеупомянутымъ организмамъ, соотвѣтственнымъ образомъ измѣняются и въ зеленыхъ растеніяхъ снова превращаются въ протеины, жиры и углеводы. Благодаря имъ, постоянно поддерживается круговоротъ веществъ въ органической природѣ и этимъ обезпечивается постоянство животнаго міра. Если бы на землѣ существовали только животныя и зеленыя растенія, то огромныя количества азота, выдѣленнаго первыми въ видѣ мочевины, накоплялись бы безъ всякой пользы. Но нитрифицирующія бактеріи образуютъ изъ мочевины азотисто- и азотнокислыя соли, превращающіяся въ зеленыхъ растеніяхъ снова въ протеины. То же самое относится и къ другимъ микробамъ, дѣйствіе которыхъ мы разсмотрѣли въ предшествующихъ параграфахъ.

13. Паразиты. Намъ остается сказать еще нѣсколько о паразитирующихъ организмахъ или чужеядныхъ, которые проводятъ свою жизнь внутри или на поверхности другого организма и получаютъ пищу отъ этого своего хозяина. Существуютъ различныя степени паразитизма. Иногда отношеніе бываетъ такого рода, что паразитъ питается лишь отбросами своего хозяина и отплачиваетъ ему за оказываемую ему поддержку большими или меньшими услугами. Въ такихъ случаяхъ, въ которыхъ обѣ части извлекаютъ выгоду изъ сожительства, паразитизмъ переходитъ въ симбіозъ, съ которымъ мы имѣли уже случай познакомиться на примѣрахъ сожительства водорослей и грибовъ въ лишаяхъ, водорослей и инфузорій (ср. § 5), бактерій на корняхъ мотыльковыхъ (§ 9), а также нитчатыхъ грибовъ съ обитателями гумуса (§ 12). Противоположность этому представляютъ случаи, въ которыхъ паразитъ является опаснымъ для хозяина, дѣйствуя на него или механически своимъ присутствіемъ или химически своими продуктами обмѣна настолько разрушительно, что слѣдствіемъ бываетъ болѣзнь или смерть.

Большая часть растительныхъ паразитовъ, встрѣчающихся на поверхности или внутри растеній и животныхъ, принадлежитъ къ микробамъ, по большей части къ бактеріямъ. Они являются возбудителями многочисленныхъ заболѣваній растеній и животныхъ. Однако, нужно различать истинныхъ паразитовъ, могущихъ жить только въ видѣ таковыхъ и притомъ иногда только въ опредѣленныхъ организмахъ, и факультативныхъ, встрѣчающихся также въ видѣ сапрофитовъ на мертвомъ матеріалѣ подходящаго состава. Нѣкоторые сапрофиты, случайно попадая въ живой организмъ, могутъ продолжать въ немъ свою жизнь. Въ такихъ случаяхъ они часто вызываютъ мѣстныя или общія заболѣванія. Это особенно относится къ возбудителямъ гніенія, вызывающихъ появленіе гноя въ ранахъ, а продуктами распада своей жизнедѣятельности раневую лихорадку и отравленіе крови (піэмія и септицемія). Если настоящихъ паразитовъ хотятъ вырастить внѣ ихъ хозяина, то нужно предоставить подходящій имъ питательный матеріалъ. У однихъ достигнуть этого удается легче, у другихъ труднѣе. Возбудителя туберкулеза, напр., Кохъ могъ сначала выращивать съ успѣхомъ только на застывшей кровяной сывороткѣ, питательной средѣ, по своему составу, ближе всего подходящей къ составу человѣческаго тѣла и этимъ могъ сдѣ-

лать его болѣе доступнымъ для изслѣдованія. Вѣроятно, среди настоящихъ паразитовъ встрѣчаются такіе, существованіе которыхъ настолько тѣсно связано съ совершенно опредѣленными условіями питанія, что они вообще до сихъ поръ не могутъ быть выращиваемы на искусственныхъ питательныхъ средахъ и поэтому именно намъ еще неизвѣстны *). Другіе паразиты въ свою очередь настолько связаны съ опредѣленнымъ видомъ растенія или животнаго, что не могутъ быть съ успѣхомъ переносимы даже на близко родственные виды.

Рядомъ съ паразитирующими бактеріями, въ качествѣ возбудителей болѣзней, встрѣчаются, какъ напр. при маларіи, и низшіе животные паразиты. Но и въ высшихъ классахъ животнаго и растительнаго царства паразитарный образъ жизни — нерѣдкость. Даже очень высоко организованныя растенія и животныя могутъ жить паразитарно на поверхности или внутри другого живого существа и въ то же время нѣтъ почти ни одного организма, свободнаго отъ паразитовъ. Многіе паразиты въ свою очередь сами населены паразитами. Паразитарный образъ жизни часто ведетъ у высшихъ организмовъ, живущихъ внутри другихъ живыхъ существъ, къ обратному развитію всѣхъ органовъ, сдѣлавшихся ненужными вслѣдствіе такого образа жизни. Органы чувствъ и пищеварительныя приспособленія часто отсутствуютъ, напротивъ, органы размноженія обыкновенно сильно развиты. Только благодаря этому въ достаточной степени обезпечивается правильное размноженіе, часто затрудненное паразитическимъ образомъ жизни. Безъ этихъ приспособленій, можетъ-быть, большая часть ихъ давно бы вымерла.

Въ качествѣ примѣра такого значительнаго обратнаго развитія можетъ служить Sacculina carcini. Эти ракообразныя, принадлежащія къ отряду усоногихъ, паразитирующія на краббахъ, представляютъ собою мѣшокъ, снабженный стебелькомъ. Послѣдній проникаетъ въ тѣло рака въ промежуткѣ между его члениками и обвиваетъ многочисленными развѣтвленіями его внутренности, изъ которыхъ и извлекаетъ, въ качествѣ пищи, жидкіе соки. Такъ какъ пищеваренія здѣсь не нужно, то Sacculina совершенно лишена кишечника. Мѣшокъ, замкнутый въ мягкую мантію, почти исключительно наполненъ яйцами. Личинки черезъ отверстіе мантіи выходятъ наружу, входятъ въ хозяина, нѣкоторое время живутъ внутри него, а затѣмъ въ свою очередь выпячиваютъ свой мѣшокъ наружу.

Изъ высшихъ растеній, паразитирующихъ на другихъ растеніяхъ, я упомяну повилику, Cuscuta europaea, и омелу, Viscum album. Повилика обвивается вокругъ стебля растенія-хозяина и погружаетъ въ него свои всасывающіе органы, такъ наз. гаусторіи (рис. 101 стр. 276), посредствомъ которыхъ она извлекаетъ изъ него пищу. Первоначальный, очень слабо развитый, находящійся въ землѣ корень отмираетъ, въ то время какъ горизонтально ползущій стебель растетъ дальше на счетъ отмершихъ частей. Встрѣтивъ растеніе хозяина, она обвивается вокругъ него и живетъ дальше на счетъ питательныхъ веществъ, извлекаемыхъ изъ него при помощи погруженныхъ въ него присосокъ. Viscum album паразитируетъ на различныхъ нашихъ лиственныхъ деревьяхъ, проникая своими всасывающими аппаратами между корой и древесиной. Такъ какъ эти растенія пользуются питательными веществами, выработанными другими растеніями, то они не нуждаются въ хлорофиллѣ. Повилика почти совершенно не содержитъ хлорофилла, омела же хотя и имѣетъ содержащіе хлорофиллъ листья, но послѣдніе очень малы.

14. Распространеніе веществъ. По сравненію съ обитателями гумуса и сапрофитами паразиты въ осуществленіи кругооборота веществъ играютъ подчиненную роль. Мы коснулись ихъ только для того, чтобы дополнить подраздѣленіе живыхъ существъ по роду и способу ихъ питанія. Возвращаясь теперь къ разсмотрѣнію кругооборота веществъ на землѣ, мы должны разсмотрѣть еще, при помощи какихъ средствъ вещества, необходимыя для питанія каждаго живого существа, приносятся на тѣ мѣста, на которыхъ они могутъ быть потреблены.

Газообразные продукты обмѣна, кислородъ и углекислота, благодаря вѣтрамъ настолько смѣшиваются между собою въ атмосферѣ, что содержаніе въ ней обоихъ газовъ всегда держится на одномъ и томъ же уровнѣ. Поэтому зеленыя растенія повсюду, гдѣ имѣются прочія условія для ихъ существованія, находятъ достаточно углекислоты, животныя—достаточно кислорода. Только на отдѣльныхъ мѣстахъ, на которыхъ беретъ перевѣсъ растительная или животная жизнь, составъ воздуха временно можетъ нѣсколько отличаться отъ средняго. Такъ въ

*) Сюда, можетъ-быть, относятся возбудители острыхъ накожныхъ болѣзней, оспы, скарлатины, кори и т. д.

большихъ, тѣсно построенныхъ городахъ, въ узкихъ, окруженныхъ высокими стѣнами, дворахъ, въ которыхъ скопляются гніющіе отбросы, въ замкнутыхъ пространствахъ, переполненныхъ людьми или животными, находятъ содержаніе углекислоты нѣсколько повышеннымъ. Но и здѣсь оно бываетъ рѣдко выше $1^0/_{00}$. Въ большемъ размѣрѣ угольная кислота можетъ накопляться въ погребахъ, въ которыхъ бродятъ большія количества массъ, содержащихъ сахаръ, или въ совершенно или почти совершенно замкнутыхъ помѣщеніяхъ, въ которыхъ находятся люди или животныя. Наши жилыя комнаты никогда не бываютъ непроницаемыми для внѣшняго воздуха. Диффузія газовъ, равно какъ провѣриваніе, возникающее вслѣдствіе различныхъ причинъ и постоянно происходящее помимо или при нашемъ участіи (такъ наз. естественная и искусственная вентиляція), производятъ обмѣнъ внѣшняго и внутренняго воздуха. Такимъ образомъ происходитъ, что у людей и у животныхъ никогда не бываетъ недостатка въ кислородѣ, даже при нахожденіи ихъ въ комнатахъ, стойлахъ и т. д.

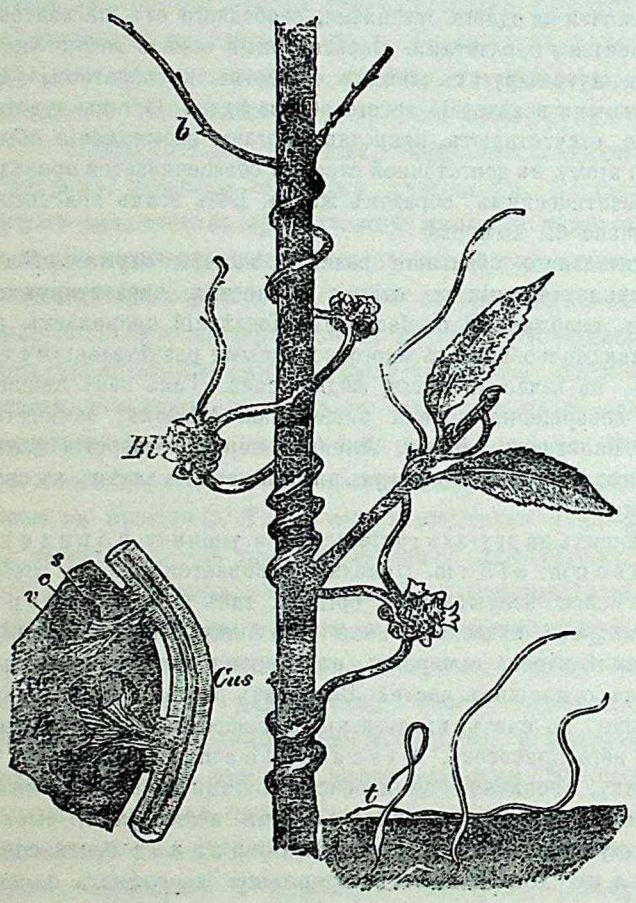


Рис. 101.

Cuscuta europaea. Справа ростокъ, ползущій по землѣ и продолжающій расти, въ то время какъ болѣе старая часть при *t* отмираетъ. Въ серединѣ паразитирующее растеніе, обвивающее ивовую вѣтвь; *Bl*—цвѣты, *b*—листочки. Слѣва часть паразитирующаго растенія (*Cus*) съ присосками (*H*), проникшими въ ивовую вѣтвь (*W*). *v*, *c*, *s*—различныя ткани ивы: сосудистая и рѣшетчатая части, склеренхима сосудовъ.

Вѣтеръ принимаетъ также участіе въ распространеніи микробовъ, ихъ зародышей, продуктовъ ихъ жизнедѣятельности, а равно и сѣмянъ высшихъ растеній. Многія органическія массы, будучи высушены, разсыпаются въ мелкій порошокъ, поднимаются вѣтромъ въ видѣ пыли, и, унося часто на далекія разстоянія, осѣдаютъ въ безвѣтряныхъ мѣстахъ. Микробы или зародыши, приставшіе къ пыльнымъ частичкамъ, попадая на влажныя мѣста, могутъ пробудиться къ новой жизни, начать расти и размножаться. Растительныя сѣмена нерѣдко снабжены особыми приспособленіями, облегчающими ихъ распространеніе при помощи вѣтра. Другія переносятся животными или благодаря тому, что они прикрѣпляются къ нимъ, какъ напр. репейникъ, или благодаря тому, что проглатываются ими, затѣмъ въ другихъ мѣстахъ снова выдѣляются. Если они находятъ для себя подходящую питательную почву, то они прорастаютъ и размножаются.

То, что слишкомъ тяжело, чтобы переноситься воздухомъ, часто уносится водою; дождь и снѣгъ растворяютъ вещества или увлекаютъ съ собою нерастворенное. Вещества, осѣвъ въ другихъ мѣстахъ, въ случаѣ подходящихъ условій, обнаруживаютъ собою дѣятельность. Гдѣ, наконецъ, тѣ или другіе естественные процессы оказываются недостаточными, тамъ вмѣшивается человѣкъ, перенося вещества съ мѣста ихъ возникновенія на мѣста ихъ употребленія и устанавливая благопріятныя условія для ихъ превращенія. Обрабатывая поле,

доставляя на него подходящее удобреніе, сѣя одни растенія, которыя желаютъ собрать, уничтожая другія, снимая жатву и перенося на мѣста потребленія, человѣкъ съ своей стороны вызываетъ жизненные процессы тамъ, гдѣ ему это кажется полезнымъ, и подавляетъ ихъ тамъ, гдѣ они ему мѣшаютъ. Всѣ эти средства ведутъ къ тому, что вещества, могущія служить для поддержанія жизни, спустя болѣе или менѣе короткое время входятъ, въ область дѣйствія живыхъ существъ, ихъ потребляющихъ. Такъ постоянно поддерживается въ живой природѣ кругооборотъ веществъ, краткій очеркъ котораго данъ въ настоящей главѣ.

СЕМНАДЦАТАЯ ГЛАВА.

Превращеніе энергіи въ организмахъ.

1. Построеніе и разрушеніе органическихъ веществъ. Въ двухъ предшествующихъ главахъ мы познакомились съ кругооборотомъ матеріи, непрерывно происходящимъ между двумя главными группами живыхъ существъ. Животныя, непрерывно потребляя органическія вещества, выдѣляютъ сильно окисленныя и относительно просто построенныя тѣла. Зеленыя растенія, образуя очень сложныя органическія вещества, входящія въ составъ пищи животныхъ, употребляютъ для этого отбросы, получаемые отъ послѣднихъ. Посредниками въ этомъ вещественномъ обмѣнѣ являются безхлорофиллыныя растенія: они превращаютъ отбросы животнаго происхожденія, не могущіе прямо идти на питаніе зеленыхъ растеній, а также части послѣднихъ, не пошедшія на пищу животнымъ, частью въ новыя органическія вещества, годныя для питанія животныхъ, частью же такъ глубоко измѣняютъ ихъ, что они дѣлаются снова пригодными для построенія органическихъ веществъ въ зеленыхъ растеніяхъ.

Всѣ вещества, выдѣляемыя животными, представляютъ сильно окисленныя соединенія C, H и N съ относительно большими количествами O; веществами же, ими воспринимаемыми, являются съ одной стороны бѣдныя кислородомъ органическія соединенія, съ другой—свободный кислородъ. Соединенія послѣдняго съ веществами, бѣдными имъ,—окисленіе—происходитъ внутри животнаго тѣла; оно является существеннымъ отличительнымъ признакомъ жизненныхъ процессовъ, происходящихъ у животныхъ. Если животное голодаетъ, то, само собою разумѣется, процессы окисленія, въ немъ совершающіеся, могутъ происходить только на счетъ веществъ, входящихъ въ составъ его тѣла. Если заставить животное голодать нѣсколько дней, то оно теряетъ значительную часть изъ своего тѣла. Если мы начнемъ снова кормить его, то оно можетъ возмѣстить опять имъ потерянное. Слѣдовательно, въ этомъ случаѣ въ періодѣ голоданія, окисленію несомнѣнно подпадали составныя части животныхъ тканей. Послѣднія затѣмъ на счетъ принятой пищи снова возобновляются и возстановляются. Точно также несомнѣнно, что въ періодѣ роста въ дѣтскомъ и юношескомъ возрастѣ, когда животное выдѣляетъ CO_2, H_2O и мочевины менѣе, чѣмъ сколько могло бы ихъ образоваться при распадѣ всей принимаемой ими пищи, часть этой послѣдней идетъ на новообразованіе живой матеріи, частью путемъ увеличенія объема уже существующихъ, частью путемъ возникновенія новыхъ клѣтокъ и тѣхъ тканевыхъ образованій, которыя производятся клѣтками.

Итакъ, животныя могутъ изъ органическихъ веществъ растительнаго царства строить свое тѣло. Они могутъ изъ протеиновъ, жировъ и углеводовъ образовывать животныя клѣтки со всѣми принадлежащими имъ свойствами. Но они не въ состояніи строить органическія вещества изъ элементовъ или изъ другихъ тѣлъ, кромѣ протеиновъ, жировъ и углеводовъ. Эта способность свойственна исключительно растительнымъ организмамъ, да и имъ въ различной степени; въ высшей же мѣрѣ только тѣмъ растеніямъ или тѣмъ

частямъ ихъ, которыя содержатъ хлорофиллъ. Органическія тѣла, образуемыя растеніями, послѣ своего поступленія въ животное тѣло, отчасти могутъ въ немъ отложиться, но раньше или позже путемъ окисленія они распадаются на болѣе простыя тѣла, которыя только въ растеніи могутъ быть снова превращены въ сложныя органическія соединенія.

2. Окисленіе въ животномъ организмѣ. Мы совершенно не знаемъ, какимъ образомъ происходятъ процессы окисленія внутри живой протоплазмы; имѣютъ ли они мѣсто только въ организованной протоплазмѣ, т.-е. въ такой, которая является истинною носительницею жизненныхъ процессовъ, или также и въ пропитывающемъ ее клѣточномъ сокѣ, или, наконецъ, въ жидкости, омывающей клѣтки. Когда взрослое животное при достаточномъ питаніи болѣе или менѣе долгое время сохраняетъ постоянный вѣсъ, мы не знаемъ, подвергаются ли при этомъ его ткани постоянному разрушенію и возстановленію на счетъ принимаемой пищи, или же при процессахъ окисленія исключительно или преимущественно, разрушаются составныя части пищи, тканевыя же вещества сберегаются. Точное рѣшеніе этого вопроса не можетъ быть сдѣлано на основаніи тѣхъ данныхъ, которыя имѣются въ настоящее время въ отношеніи обмѣна веществъ.

Какъ бы тамъ ни было, во всякомъ случаѣ является твердо установленнымъ, что въ животномъ организмѣ существуютъ приспособленія, при помощи которыхъ окисленіе пищевыхъ веществъ, вводимыхъ въ него въ видѣ протеиновъ, жировъ и углеводовъ совершается при такихъ условіяхъ, при какихъ внѣ животнаго организма *) оно не произошло бы.

Чтобы жиры, углеводы или протеиновыя тѣла сгорѣли внѣ животнаго организма, они должны сначала быть высушены, а потомъ подвергнуты дѣйствію высокой температуры. Внутри же животнаго организма они сгораютъ пропитанные водой и при низкой относительно температурѣ. Это совершается подъ вліяніемъ дѣйствія живой протоплазмы. Это вовсе не значитъ, что явленіе должно быть приписано дѣйствію особыхъ, темныхъ «силъ», не имѣющихъ ничего сходнаго въ мертвой природѣ. По поводу этихъ и другихъ имъ подобныхъ вопросовъ можно высказывать предположенія: при современномъ состояніи нашихъ знаній нельзя отвѣтить на нихъ научнымъ образомъ. Должны ли вещества, подлежащія окисленію, сначала войти въ составъ живой протоплазмы, или же послѣдняя можетъ проявлять свое дѣйствіе и на нѣкоторомъ разстояніи такимъ образомъ, что и растворенныя въ межклѣточной жидкости вещества подпадаютъ окисленію; относительно этого, какъ уже сказано выше, опыты не даютъ никакихъ опредѣленныхъ указаній.

Химическія превращенія, совершающіяся въ животномъ организмѣ, чрезвычайно сложны и протекаютъ въ различныхъ органахъ одного и того же животнаго различно. Нѣкоторыя вещества возникаютъ только въ опредѣленныхъ органахъ и совершенно отсутствуютъ въ другихъ. Запутанные и до сихъ поръ крайне несовершенно изученные процессы, протекающіе въ отдѣльныхъ органахъ, насколько мы знаемъ, складываются преимущественно изъ всякаго рода окисленій и расщепленій, въ то же время происходятъ и процессы редукціи и синтеза,—входить въ болѣе подробное разсмотрѣніе ихъ здѣсь не мѣсто. Мы обратили наше вниманіе только на конечные продукты. Такъ какъ они содержатъ больше кислорода, чѣмъ сколько его имѣлось въ веществахъ принятой пищи, то мы, ради краткости, называемъ всѣ процессы, происходящіе въ животномъ организмѣ, окисленіемъ или сгораніемъ.

3. Пластическія и дыхательныя вещества. Протоплазма клѣтокъ относительно богата протеиновыми веществами. Поэтому-то Либихъ и полагалъ, что нужно отличать сгораніе протеиновыхъ веществъ отъ сгоранія жировъ и углеводовъ. По его мнѣнію, жиръ и

*) То же самое можно сказать и относительно растительнаго организма, такъ какъ и въ этомъ послѣднемъ совершаются процессы окисленія, но только въ меньшей степени, чѣмъ въ животномъ; къ тому же эти процессы затемняются въ растеніяхъ процессомъ разложенія углекислоты, сопровождающимся выдѣленіемъ кислорода. См. гл. 14, § 5.

углеводы сгораютъ въ CO_2 и H_2O, не становясь, предварительно, составными частями тканей, причемъ они идутъ на производство тепла и работы; протеиновыя же тѣла служатъ для построенія тканей. Ихъ должно представлять себѣ какъ бы матеріаломъ органической машины, который самъ не служитъ для производства какой-либо работы и который, по мѣрѣ его изнашиванія въ жизненномъ процессѣ, долженъ замѣщаться подобнымъ же матеріаломъ, вводимымъ съ пищею. Поэтому-то Либихъ и назвалъ протеиновыя вещества пластическими веществами или тканеобразователями, жиры же и углеводы,—дыхательными веществами или теплообразователями. Подобное раздѣленіе не можетъ, конечно, быть проведено сколько-нибудь строго. Жиры и углеводы являются такими же составными частями живой протоплазмы, какъ и бѣлки, и, наоборотъ, бѣлки, при своемъ сгораніи такъ же могутъ служить источникомъ тепла и работы, какъ и жиры и углеводы. У голодающихъ животныхъ, потерявшихъ весь свой запасъ гликогена и жира, бѣлки могутъ являться единственнымъ матеріаломъ, на счетъ сгоранія котораго образуется въ организмѣ тепло и совершается въ немъ всякаго рода работа. Но въ извѣстной степени тѣмъ не менѣе взглядъ Либиха соотвѣтствуетъ дѣйствительности. Дѣло въ томъ, что при достаточной доставкѣ животному жировъ и углеводовъ значительная часть его бѣлковъ, входящихъ въ составъ его тканей, предохраняется отъ распада, и если животному доставляется только такое количество бѣлковъ, какое является безусловно необходимымъ для замѣщенія распадающихся въ немъ бѣлковъ тканей, и надлежащее количество жировъ и углеводовъ, то значительно большая часть кинетической энергіи, необходимой для жизненныхъ отправленій животнаго, доставляется сгораніемъ веществъ послѣднихъ двухъ названныхъ группъ. Лишь томъ случаѣ, если животное получаетъ избытокъ протеиновыхъ тѣлъ, они, а именно своею избыточною частью, тотчасъ подлежатъ окисленію и служатъ такимъ образомъ для производства тепла и работы; избытокъ же жировъ, вводимыхъ въ животный организмъ, отлагается большею своею частью въ организмѣ; доставляемые въ избыткѣ углеводы тоже ведутъ къ накопленію въ организмѣ жировъ.

Такой общій характеръ процессовъ окисленія, протекающихъ въ животномъ организмѣ, является тѣмъ болѣе заслуживающимъ вниманія, что внѣ животнаго организма жиры и углеводы легче окисляются, чѣмъ протеиновыя тѣла. Но надо принять во вниманіе, что мы совершенно не знаемъ химическихъ свойствъ протеиновыхъ тѣлъ, входящихъ въ составъ живой протоплазмы, а именно тѣхъ, которыя мы въ главѣ 10, обозначили первичными протеиновыми тѣлами. Тѣ протеиновыя вещества, которыя получаются тѣмъ или другимъ путемъ химической обработки изъ того или другого живого или отжившаго матеріала, вѣроятно, отличны отъ веществъ, входящихъ въ составъ живой протоплазмы и являющихся носителями жизненныхъ свойствъ этой послѣдней. Въ этихъ первичныхъ, неизвѣстныхъ намъ веществахъ мы можемъ предполагать многія такія свойства, которыхъ не имѣютъ вещества, нами изслѣдуемыя. Но, спрашивается, достигнемъ ли мы болѣе глубокаго пониманія путемъ подобнаго рода произвольныхъ предположеній? Я полагаю, что нѣтъ, и поэтому не считаю за необходимое входить въ разсмотрѣніе гипотезъ о химическихъ свойствахъ «живого бѣлка». Для нашей настоящей цѣли является болѣе важнымъ сопоставить между собою твердо установленные факты и выяснить взаимную связь явленій настолько, насколько это представляется возможнымъ при имѣющихся фактическихъ данныхъ.

4. Возникновеніе кинетической энергіи. При окисленіи составныхъ частей тканей или пищи, совершающемся въ животномъ организмѣ, происходитъ превращеніе энергіи положенія въ энергію движенія. Эта послѣдняя проявляется или въ видѣ молекулярнаго движеніе въ формѣ тепла, или въ видѣ молярнаго движенія въ формѣ механической работы *). Въ тканяхъ живого животнаго непрерывно совершается производство тепла. Но и та энергія, которая возникаетъ въ организмѣ въ видѣ

*) Другіе виды энергіи, какъ свѣтъ и электричество, мы оставляемъ пока въ сторонѣ; они составляютъ весьма незначительную часть общаго количества энергіи организма.

молярнаго движенія, превращается въ значительной степени въ тепловую. Если животное не производитъ никакихъ движеній, то вся кинетическая энергія, возникающая въ немъ, переходитъ въ тепловую; когда такимъ образомъ температура животнаго становится выше температуры окружающей среды, животное начинаетъ отдавать тепло наружу. Между теплопроизводствомъ и теплоотдачею устанавливается извѣстное равновѣсіе, отъ котораго и зависитъ температура тѣла животнаго, такъ что если температура животнаго остается постоянною, то количество производимаго тепла должно равняться количеству отдаваемаго. Если помѣстить животное въ калориметръ, то можно измѣрить количество отдаваемаго имъ тепла и такимъ образомъ видѣть, насколько оно согласуется съ вычисленнымъ количествомъ, на основаніи происшедшаго въ немъ обмѣна.

Если чистый углеродъ сгораетъ въ калориметрѣ въ CO_2, то при этомъ на каждый граммъ его возникаетъ около 8000 малыхъ калорій; при сгораніи же 1 грамма чистаго водорода образуется около 34000 малыхъ кал. Число, выражающее количество калорій, возникающихъ при сгораніи одного грамма вещества, называется *теплотою сгоранія* его.

Вмѣсто вѣсовой единицы вещества, соединяющагося съ опредѣленнымъ количествомъ другого (въ нашемъ случаѣ кислорода) часто раціональнѣе брать такія вѣсовыя количества ихъ, какія необходимы для образованія одной граммомолекулы возникающаго тѣла; напр.: 2 грам. водорода и 16 грам. кислорода даютъ 18 грам. воды, или одну граммомолекулу воды, причемъ освобождается 68 большихъ калорій; итакъ, *теплота образованія воды*=68. Далѣе, 12 грам. углерода и 32 грам. кислорода даютъ 44 грам. или одну граммомолекулу углекислоты, причемъ образующаяся теплота, или, иначе, *теплота образованія углекислоты*=96 *).

Въ животномъ же организмѣ сгоранію подлежатъ не свободные элементы, но соединенія ихъ. Чтобы изъ углеводовъ, жировъ и протеиновыхъ тѣлъ могли возникнуть CO_2, H_2O и мочевина, для этого сначала должна быть разрушена связь (сродство) между элементами C, H, O и N, благодаря которой они представляются сложенными въ выше означенныя соединенія.

То же самое относится, вообще, ко всякимъ химическимъ соединеніямъ, даже къ молекуламъ элементовъ. Если изъ H и O возникаетъ соединеніе H_2O, то реакція начинается не съ свободныхъ атомовъ данныхъ элементовъ, а съ ихъ молекулъ; такъ, въ молекулѣ (O=O) должно сначала произойти отдѣленіе другъ отъ друга обоихъ атомовъ, чтобы каждый изъ нихъ могъ вступить въ соединеніе съ двумя атомами водорода, равно какъ водородные атомы не находятся въ свободномъ состояніи, а существуютъ, будучи соединенными въ молекулы водорода. Чтобы вызвать распадъ молекулы какого-либо элемента, необходимо примѣнить ту или другую энергію, въ видѣ электрическихъ искръ, пламени и т. д. Но при соединеніи кислорода съ водородомъ въ воду освобождается гораздо болѣе энергіи, чѣмъ сколько требуется ея для разложенія молекулъ водорода и кислорода, такъ что конечный тепловой эффектъ является *положительнымъ*; онъ можетъ быть измѣренъ количественно, если опредѣлить теплоту образованія воды. Мы можемъ, чтобы точно представить образованіе воды изъ водорода и кислорода, дать такое равенство:

$$2(H—H)+0=0=2H_2O.$$

На лѣвой сторонѣ этого равенства имѣются двѣ молекулы водорода и одна молекула кислорода. Чтобы разложить эти молекулы на ихъ атомы, необходимо количество энергіи e_h и e_o. При возникновеніи воды на каждую молекулу ея освобождается количество энергіи e_w. Поэтому уравненіе, для энергіи, образующейся при синтезѣ двухъ молекулъ воды (изъ водорода и кислорода), будетъ таково:

$$2V=2e_w-(2e_h+e_o).$$

5. Калориметрическія измѣренія на животныхъ. Мы можемъ опредѣлить теплоту сгоранія питательныхъ веществъ эмпирически, а именно подвергая эти вещества въ калориметрѣ, въ присутствіи необходимаго количества кислорода, полному сжиганію. Такимъ путемъ найдено, что теплота сгоранія одного грамма углеводовъ = 4,2 бол. калор., 1 гр.

*) Существуютъ еще два соединенія водорода и углерода съ кислородомъ: *перекись водорода* (H_2O_2) и *окись углерода* (CO). Первая весьма непостоянна, послѣдняя является сильнымъ ядомъ. Такъ какъ оба эти соединенія не играютъ никакой замѣтной роли при нормальныхъ жизненныхъ процессахъ, то мы, разсматривая обмѣнъ энергіи, принимаемъ во вниманіе только теплоту образованія воды и углекислоты.

жира=9,2 бол. калор. То же самое опредѣленіе можно приложить и къ протеиновымъ тѣламъ; но только при этомъ надо принять во вниманіе, что эти тѣла сгораютъ въ животномъ организмѣ не вполнѣ, такъ что при физіологическомъ сгораніи рядомъ съ CO_2 и H_2O образуются мочевина и тому подобныя соединенія, которыя содержатъ болѣе кислорода, чѣмъ протеиновыя тѣла, но, однако, представляются способными еще къ горѣнію. Итакъ, по отношенію къ протеиновымъ тѣламъ, мы должны различать абсолютную теплоту сгоранія, которая развивается при полномъ сгораніи этихъ веществъ, и физіологическую, которая обнаруживается при окисленіи этихъ веществъ внутри животнаго организма. Послѣдняя не можетъ быть опредѣлена внѣ животнаго организма. Ее опредѣляютъ косвеннымъ путемъ, а именно тѣмъ, что изъ абсолютной теплоты сгоранія протеиновыхъ тѣлъ вычитаютъ теплоту сгоранія такого количества мочевины, какое содержитъ равное количество азота. Такимъ образомъ было найдено, что при сгораніи въ животномъ организмѣ одного грамма бѣлка до той степени окисленія, какая достигается въ тѣлѣ животнаго, освобождается 4,1 бол. калор.

Если помѣстить животное въ калориметръ и сравнить, руководясь только-что данными величинами, количество тепла, выдѣляемаго животнымъ, съ тѣмъ количествомъ, какое возникло бы при сгораніи введенной въ него пищи, то находятъ, при долго продолжающемся опытѣ и при наличности полнаго равновѣсія въ обмѣнѣ веществъ, полное совпаденіе въ числовыхъ величинахъ. Итакъ, мы можемъ убѣдиться въ томъ, что вся кинстическая энергія, освобождающаяся въ животномъ организмѣ, обязана своимъ происхожденіемъ химическому сродству, обнаруживаемому сгораемыми веществами по отношенію къ кислороду, или, другими словами, что она получается черезъ превращеніе потенціальной энергіи химическаго сродства сгораемыхъ веществъ къ кислороду, въ кинетическую.

Доказательство этого далеко не такъ просто, какъ это можетъ показаться на первый взглядъ. Введенная въ животный организмъ пища подпадаетъ окисленію не тотчасъ. Сначала она должна быть переварена и должна поступить изъ кишечника въ кровь и далѣе въ ткани. Изъ этихъ послѣднихъ она или идетъ на сгораніе, или служитъ для замѣщенія тѣхъ составныхъ частей тканей, которыя пошли на окисленіе, входя въ составъ ихъ. Изъ этого слѣдуетъ, что только при совершенно опредѣленныхъ условіяхъ введенныя пищевыя вещества будутъ вполнѣ соотвѣтствовать сгорѣвшимъ въ количественномъ и качественномъ отношеніяхъ.

Тщательныя наблюденія показали, что количество производимой какимъ-либо животнымъ теплоты совпадаетъ съ количествомъ, вычисленнымъ по теплотѣ сгоранія пищевыхъ веществъ, вводимыхъ въ данное животное, если только послѣднее находится въ состояніи полнаго равновѣсія обмѣна веществъ. Совпаденіе это бываетъ тѣмъ ближе, чѣмъ длиннѣе опытный періодъ. Если животное принимаетъ, при опытѣ, ту пищу, которая ему достаточна на 24 часа, за одинъ разъ, то при такихъ условіяхъ можно различить два періода: а именно; въ первые 10—12 часовъ послѣ пріема пищи, т.-е. во время перевариванія и всасыванія, когда происходитъ притокъ всосанныхъ веществъ къ тканямъ организма, производство организмомъ тепла представляется неравномѣрнымъ; въ послѣдующіе же часы, во вторую половину опыта, оно происходитъ гораздо правильнѣе. При расчетахъ, дѣлаемыхъ при такихъ опытахъ, надо принимать во вниманіе количества непереваренной, выдѣляемой съ каломъ пищи; въ счетъ берется только та часть пищи, которая дѣйствительно всосалась; эта часть высчитывается на основаніи опредѣленія количества веществъ, выдѣляемыхъ изъ животнаго организма за тотъ періодъ, который соотвѣтствуетъ данной, опредѣленной порціи пищи.

Упомянутое совпаденіе количества тепла, производимаго животнымъ за опредѣленный періодъ, при опредѣленной пищѣ,—съ количествомъ, высчитаннымъ на основаніи только-что указанныхъ данныхъ, бываетъ болѣе или менѣе полно тогда, если опытный періодъ простирается, самое меньшее, 2—3 часа и не соотвѣтствуетъ періоду перевариванія пищи. Лучшіе-же результаты получаются при опытахъ, продолжающихся не менѣе 24 часовъ, и при наличности полнаго равновѣсія въ обмѣнѣ веществъ.

Расчетъ бываетъ еще болѣе сложнымъ, если животное не только производитъ теплоту, но и совершаетъ какую-либо механическую работу. Однако, мы можемъ устранить такое ослож-

неніе, помѣщая животное въ калориметръ, такъ-что вся производимая имъ работа остается, такъ сказать, внутри калориметра и измѣряется въ формѣ тепла. Животное, превратившее за опредѣленный періодъ времени извѣстное количество бѣлка (e), жира (f) и углеводовъ (k) въ углекислоту, воду и мочевину (равно какъ въ мочевую кислоту и т. п.), должно было-бы за это время произвести теплоту въ количествѣ $4.1e+9.2f+4.2k$ большихъ калорій.

Сумма $4.1e+9.2f+4.2k$ была бы равна количеству тепла, опредѣляемому непосредственно при опытѣ, только тогда, если-бы количества e, f и k, введенныя въ животное дѣйствительно цѣликомъ превращались въ организмѣ въ CO_2, H_2O, мочевину и пр. Но такъ какъ это послѣднее рѣдко или почти никогда не случается въ дѣйствительности,—въ силу вышеприведенныхъ причинъ, то приходится количества выдѣляемыхъ животнымъ CO_2, H_2O, мочевины и пр. сравнивать съ тѣми теоретическими количествами, которыя имѣлись-бы на лицо при полномъ окисленіи всѣхъ пищевыхъ веществъ, принятыхъ животнымъ; черезъ это сравненіе мы можемъ приблизительно опредѣлить то количество пищевыхъ веществъ, которое не претерпѣли въ организмѣ никакого измѣненія. Зная это послѣднее, мы въ состояніи высчитать количества e, f и k, дѣйствительно подвергшіяся въ организмѣ окисленію.

Если бы животное совершало какую-либо внѣшнюю работу, то пришлось бы къ количеству тепла, дѣйствительно отданному животнымъ, прибавить количество тепла, эквивалентное произведенной животнымъ работѣ. Такимъ же образомъ дѣлается расчетъ касательно тѣхъ машинъ, которыя вслѣдствіе сгоранія въ нихъ какого-либо матеріала производятъ тепло и работу, какъ напр. паровыя машины. Теплота, образующаяся вслѣдствіе сгоранія угля, сжигаемаго въ топкѣ машины, за вычетомъ той части, которая осталась несгорѣвшею,—въ золѣ или дымѣ,—должна равняться суммѣ тепла, отданнаго машиною окружающей средѣ, и тепла, эквивалентнаго количеству работы, произведенной машиною. Достойно замѣчанія, что отношеніе количества полезной работы къ количеству тепла, отдаваемаго въ окружающую среду, у работающаго животнаго является выше, чѣмъ у паровыхъ машинъ, на что обратилъ вниманіе еще Румфордъ (1753—1814). Лошадь, напр., работаетъ экономнѣе, чѣмъ паровая машина; обходится ли ея работа дешевле,—это зависитъ отъ мѣстныхъ цѣнъ на кормъ и на уголь.

6. Сравненіе животнаго съ паровою машиною. Мы хотимъ провести сравненіе между животнымъ и паровою машиною еще далѣе, такъ какъ оно является поучительнымъ во многихъ отношеніяхъ. Конечно, при всѣхъ подобныхъ сравненіяхъ должно быть точно выяснено, въ какихъ отношеніяхъ можетъ быть проведено такое сравненіе, причемъ нельзя упускать изъ вида тѣхъ различій, какія имѣются въ дѣйствительности между сравниваемыми предметами. Въ паровой машинѣ, какъ и въ животномъ организмѣ, происходитъ, благодаря сгоранію горючаго матеріала, превращеніе потенціальной энергіи въ кинетическую. Продуктомъ сгоранія въ паровой машинѣ является почти исключительно углекислота, вмѣстѣ съ небольшимъ количествомъ воды и золы, въ животномъ же организмѣ главнѣйшимъ образомъ углекислота, вода и мочевина. Въ обоихъ этихъ случаяхъ кинетическая энергія проявляется въ видѣ тепла и механической работы. Всѣмъ этимъ и исчерпывается, по существу, аналогія между машиною и животнымъ организмомъ; въ остальномъ же они проявляютъ большія и важныя отличія. Въ машинѣ уголь сгораетъ только въ топкѣ, отсюда тепло передается водѣ парового котла; вслѣдствіе этого возникаетъ та упругость паровъ, которая обусловливаетъ извѣстное движеніе механизма машины. Въ животномъ организмѣ мы должны различать образованія, способныя сокращаться отъ неспособныхъ. Въ послѣднихъ кинетическая энергія, возникающая вслѣдствіе процессовъ окисленія, почти цѣликомъ переходитъ въ свободное тепло *). Въ первыхъ же, именно въ мышцахъ, сокращенія которыхъ обусловливаютъ движенія, часть возникающей въ нихъ энергіи проявляется въ формѣ тепла, часть же—въ видѣ механической работы. Отъ паровой машины мышца существенно отличается тѣмъ, что мѣсто, гдѣ совершается сгораніе тѣхъ или другихъ веществъ, является одновременно и мѣстомъ, гдѣ заложенъ ея

*) Сверхъ того здѣсь совершаются, въ незначительныхъ размѣрахъ, тѣ или другія передвиженія различныхъ массъ, напр. выдѣленія жидкостей, или же разные химическіе процессы, на которые также идетъ часть тепла (см. § 7).

двигательный механизмъ. Весьма вѣроятно, что обѣ названныя формы энергіи возникаютъ въ мышцѣ непосредственно изъ потенціальной другъ подлѣ друга, работа и тепло возникаютъ, такъ сказать, рядомъ, тогда какъ въ паровой машинѣ сгораніе, происходящее въ ней, производитъ сначала только тепло, часть котораго, сообщая парамъ котла машины извѣстную упругость, превращается въ механическую работу.

Свободная энергія, возникающая въ паровой машинѣ, зависитъ, въ количественномъ отношеніи, отъ количества угля, сжигаемаго въ топкѣ машины, но не отъ химическихъ свойствъ различныхъ отдѣльныхъ частей машины; въ животномъ же организмѣ, наоборотъ, сама машина, т.-е. живая клѣтка, принимаетъ участіе въ производствѣ энергіи, а именно своими составными частями, такъ что она постепенно и непрерывно претерпѣваетъ разрушеніе, и потери вещества, возникающія въ ней вслѣдствіе этого, должны непрерывно возмѣщаться. Это изнашиваніе машины-мышцы представляется много значительнѣе, чѣмъ изнашиваніе паровой машины, что происходитъ не только вслѣдствіе меньшей устойчивости матеріала, изъ котораго сложена мышца, по сравненію съ матеріаломъ, изъ котораго дѣлается паровая машина, но и потому, что составныя части машины-мышцы служатъ, при работѣ ея, и горючимъ матеріаломъ.

Изнашиваніе паровой машины, происходящее вслѣдствіе взаимнаго тренія ея частей, не имѣетъ никакого отношенія къ производству энергіи; такое треніе, сопровождающееся развитіемъ извѣстнаго количества тепла, переходящаго въ окружающую среду, сопряжено съ потерею нѣкоторой части полезной работы, развиваемой машиною. Въ животныхъ же тканяхъ, напротивъ того, структурныя части тканей служатъ и матеріаломъ, подлежащимъ окисленію, и мѣстомъ производства работъ. Смотря по силѣ раздраженія, вслѣдствіе котораго мышца приводится въ состояніе сокращенія, окислительнымъ процессамъ подвергаются бо́льшія или меньшія количества веществъ, изъ которыхъ слагается данная мышца. Бываетъ, что находящійся въ мышцѣ запасъ матеріала, способнаго къ окисленію, расходуется съ такою постепенностью, что заключающейся въ немъ потенціальной энергіи хватаетъ на долгое время даже тогда, когда эта мышца, теряя, при работѣ, свой горючій матеріалъ, не получаетъ извнѣ никакого, взамѣнъ потребляемаго. Если лягушкѣ сдѣлать кровопусканіе и удалить изъ тѣла остатки крови промываніемъ ея сосудистой системы въ теченіе долгаго времени разведеннымъ растворомъ поваренной соли, то мышцы животнаго сохраняютъ долгое время способность къ работѣ, хотя онѣ при данныхъ условіяхъ не получаютъ изъ жидкости, пропитывающей ткани обезкровленнаго животнаго, никакихъ веществъ, окисленіе которыхъ могло-бы служить для работы мышцъ. Такъ какъ мышцы, работающія при такихъ условіяхъ, производятъ углекислоту и другіе продукты окисленія, то нужно полагать, что въ этомъ случаѣ окисленію подпадаетъ очевидно сама мышечная ткань, на счетъ сгоранія которой и возникаетъ, такимъ образомъ, кинетическая энергія.

Такъ какъ большая часть твердыхъ составныхъ частей мышечной ткани состоитъ изъ протеиновыхъ веществъ, то прежде полагали, что мышечная энергія обязана своимъ возникновеніемъ исключительно имъ, во всякомъ случаѣ, преимущественно окисленію этихъ послѣднихъ. Но мышцы содержатъ, кромѣ протеиновыхъ веществъ, еще жиры и углеводы (гликогенъ); оказалось, что напряженная мышечная работа мало вліяетъ на содержаніе въ выдѣленіяхъ азотистыхъ веществъ, въ то время, какъ выдѣленіе угольной кислоты при этомъ значительно повышается, что и заставляетъ полагать, что при работѣ мышцъ окисленію подвергаются, главнымъ образомъ, безазотистыя вещества ихъ и что эти послѣднія служатъ истиннымъ источникомъ мышечной работы, постольку, поскольку ихъ имѣется въ надлежащемъ, достаточномъ, количествѣ. Сильно работающіе люди и рабочій скотъ нуждаются, въ силу только-что приведенныхъ опытныхъ данныхъ, въ пищѣ, содержащей больше жировъ и углеводовъ, чѣмъ сколько ихъ требуется для людей и животныхъ, мало работающихъ физически. Только тогда, когда послѣ долгаго голоданія животнаго жиръ и гликогенъ почти совершенно исчезаютъ изъ его мышцъ, работа этихъ послѣднихъ совершается почти исключительно на счетъ протеиновыхъ тѣлъ.

Въ паровой машинѣ топливо должно быть подожжено извнѣ, чтобы пустить машину въ

ходъ; въ организмѣ же вводимый въ него пищевой матеріалъ тотчасъ же подпадаетъ сгоранію, какъ только онъ воспринимается клѣтками тканей. Впрочемъ, отличіе машины отъ животнаго организма въ этомъ отношеніи не является принципіальнымъ; вѣдь, разъ въ топкѣ паровой машины началось горѣніе, оно будетъ переходить непрерывно на всякое вновь вносимое въ топку топливо, такъ что и машина будетъ работать непрерывно, до тѣхъ поръ, пока ей доставляется топливо въ надлежащее время и въ достаточномъ количествѣ. Такая машина является въ каждый моментъ состоящею изъ опредѣленной массы различныхъ веществъ, а именно изъ металла частей машины, воды, находящейся въ жидкомъ состояніи, водяныхъ паровъ котла и парового цилиндра и топлива, имѣющагося въ топкѣ. Если топливо по мѣрѣ того, какъ оно потребляется, будетъ доставляться извнѣ, то тогда можно будетъ говорить объ обмѣнѣ веществъ машины въ такомъ же смыслѣ, какъ говорятъ объ обмѣнѣ веществъ животныхъ, такъ что можно было бы различать и въ машинѣ случай равновѣсія въ обмѣнѣ веществъ машины, случай избыточнаго питанія ея и, наконецъ, случай недостаточнаго питанія. Такъ какъ топка машины является ограниченною по пространству, и въ ней нельзя держать какъ въ мышцахъ, сколько-нибудь значительныхъ массъ запаснаго горючаго матеріала, то доставка этого послѣдняго машинѣ требуетъ точнаго регулированія, чтобы дѣятельность машины совершалась непрерывно.

То обстоятельство что животное сохраняетъ свою наружную форму и поддерживаетъ вѣсъ своего тѣла, несмотря на то, что вещества, входящія въ составъ его тканей, непрерывно мѣняются, имѣетъ выдающееся значеніе для пониманія жизненныхъ процессовъ животнаго организма и заслуживаетъ того, чтобы на него было обращено особое вниманіе. Дю-Буа-Реймонъ обозначилъ такое состояніе матеріи въ животномъ организмѣ, «динамическимъ равновѣсіемъ», тогда какъ Гексли поясняетъ его сравненіемъ съ рѣчнымъ водоворотомъ. Но тотъ и другой авторы недостаточно оттѣняютъ то обстоятельство, что извѣстныя вещества, во время своего пребыванія въ тѣлѣ живыхъ организмовъ, претерпѣваютъ рядъ химическихъ превращеній; слѣдствіемъ этихъ превращеній является то, что эти вещества выдѣляются изъ животнаго организма совершенно иными, какъ въ физическомъ, такъ и въ химическомъ отношеніяхъ; хотя и содержатъ тѣ же элементы въ тѣхъ же количествахъ. Въ водоворотѣ не совершается, какъ извѣстно, никакихъ химическихъ процессовъ, какіе имѣются въ машинѣ и въ животномъ организмѣ; однако же всѣ три системы могутъ быть подведены подъ понятіе динамическаго равновѣсія.

7. Эндотермическіе и экзотермическіе процессы. Если мы ближе разсмотримъ случаи, когда тѣ или другія вещества, переходящія черезъ систему, находящуюся въ состояніи динамическаго равновѣсія, претерпѣваютъ извѣстныя химическія превращенія, то мы можемъ отмѣтить два главныхъ рода этихъ процессовъ. Вещества, вводимыя въ какой-либо животный организмъ или въ какую-либо паровую машину заключаютъ въ себѣ извѣстное количество потенціальной энергіи, бо́льшая или меньшая часть которой превращается внутри данной системы въ кинетическую энергію. Чтобы этотъ процессъ выразить въ числахъ, нужно сравнить между собою теплоты сгоранія веществъ, поступившихъ въ систему,—съ одной стороны, и веществъ, выдѣлившихся изъ системы,—съ другой. Углеродъ, поступающій въ паровую машину, имѣетъ теплоту сгоранія 8000. Теплота же сгоранія углекислоты, выдѣляющейся изъ машины, равна нулю *). Соотвѣтственно этому, т.-е. при полномъ сгораніи угля въ машинѣ, вся потенціальная энергія углерода превращается внутри паровой машины въ кинетическую; на каждый килограммъ сожженнаго угля должно освобождаться количество энергіи, эквивалентное 8000 большихъ калорій. То же самое мы получили-бы, когда бы мы калориметрически измѣрили количество тепла, отданнаго машиною окружающей средѣ, и къ нему прибавили-бы количество тепла, эквивалентное механической работѣ, совершенной машиною. Такъ же обстоитъ дѣло и у животныхъ. Вещества, получаемыя этими послѣдними, а именно протеины, жиры и углеводы, заключаютъ въ себѣ извѣстный запасъ химической энергіи, положенія, о которомъ мы можемъ судить по количеству тепла, которое

*) Мы не принимаемъ въ расчетъ веществъ, которыя уносятся съ дымомъ или остаются въ топкѣ—иногда въ значительныхъ количествахъ, и которыя представляются только отчасти окисленными, чтобы не усложнять расчета.

получается при сгораніи данаго количества упомянутыхъ веществъ. Изъ веществъ, выдѣляемыхъ животнымъ организмомъ, вода и углекислота имѣютъ теплоту сгоранія, равную нулю, мочевина и ей подобныя тѣла обладаютъ небольшою теплотою сгоранія. Если мы изъ общаго количества теплотъ сгоранію веществъ, введенныхъ въ животный организмъ, вычтемъ теплоты сгоранія продуктовъ выдѣленія даннаго животнаго и той части пищи, которая не подпала перевариванію, слѣдовательно, и сгоранію, то мы найдемъ общее количество той кинетической энергіи, которая возникла въ данномъ животномъ изъ потенціальной энергіи, введенной въ него съ пищею. Мы можемъ это количество, опредѣленное такимъ разсчетомъ, сравнить съ тѣмъ, которое непосредственно получается при опытѣ (§ 5).

Совершенно иной результатъ получается тогда, если подобный опытъ производится на какомъ-либо высшемъ растеніи. Въ такое растеніе поступаютъ углекислота, вода и минеральныя соли,—вообще вещества, теплота сгоранія которыхъ равна нулю или, что встрѣчается у нѣкоторыхъ солей, представляетъ весьма незначительную величину. Но внутри растенія возникаютъ протеины, жиры и углеводы,—вещества, которыя обладаютъ значительною теплотою сгоранія и которыя, будучи подвергнуты окисленію, освобождаютъ кинетическую энергію. Такіе процессы, совершающіеся въ растеніяхъ, представляются противоположными процессамъ, имѣющимъ мѣсто въ паровой машинѣ или въ животномъ организмѣ: въ растеніяхъ происходитъ преимущественно превращеніе кинетической энергіи въ потенціальную,—слѣдовательно обратное тому, что наблюдается у животныхъ или въ паровыхъ машинахъ.

Въ дѣйствительности тѣ процессы, которые совершаются въ животныхъ и растеніяхъ, являются очень сложными вслѣдствіе всевозможныхъ побочныхъ обстоятельствъ. Во-первыхъ, въ организмѣ окисленію пищевыхъ веществъ предшествуютъ, какъ мы уже видѣли, расщепленія ихъ. Во-вторыхъ, въ животномъ организмѣ имѣютъ мѣсто и синтетическіе процессы, ведущіе къ образованію изъ болѣе простыхъ тѣлъ, введенныхъ или образовавшихся въ организмѣ, болѣе сложныхъ. Въ-третьихъ, и въ растеніяхъ совершаются процессы окисленія, хотя въ незначительныхъ размѣрахъ. Наконецъ, кинетическая энергія проявляется въ разсмотрѣнныхъ нами случаяхъ въ нѣсколькихъ формахъ, какъ тепло, какъ механическая работа въ меньшихъ размѣрахъ и въ др. формахъ. Въ виду всего этого, является поучительнымъ сначала ознакомиться съ менѣе запутанными случаями,—съ простыми химическими процессами, при которыхъ вся энергія наблюдается только въ формѣ теплового движенія. Въ такихъ случаяхъ мы можемъ встрѣтиться съ двумя возможностями: или процессъ протекаетъ съ превращеніемъ потенціальной энергіи въ кинетическую, которая обнаруживается, за отсутствіемъ механической работы, въ формѣ свободной теплоты; вещества, въ которыхъ совершается такой процессъ, нагрѣваются и отдаютъ тепло въ окружающую ихъ среду. Или же, наоборотъ, химическій процессъ сопровождается охлажденіемъ тѣхъ тѣлъ, въ которыхъ онъ имѣетъ мѣсто, вслѣдствіе чего они поглощаютъ тепло изъ окружающей среды. Процессы перваго рода называются экзотермическими, процессы второго рода—эндотермическими.

Если какой-либо химическій процессъ складывается изъ нѣсколькихъ частичныхъ процессовъ, совершающихся или другъ послѣ друга, или одновременно, то одни изъ этихъ процессовъ могутъ быть экзотермическими, другіе же—эндотермическими. Если общая алгебраическая сумма термическихъ количествъ этихъ частныхъ процессовъ получается положительною, то процессъ въ общемъ мы называемъ экзотермическимъ, при обратномъ же случаѣ,—эндотермическимъ. Чтобы судить о томъ, какого термическаго характера является данный химическій процессъ, нужно этотъ процессъ провести внутри калориметра и при этомъ наблюдать, нагрѣвается ли калориметръ или охлаждается. Если мы ограничимся такими процессами, при которыхъ дѣло идетъ или о соединеніи какого-

либо тѣла съ кислородомъ, или, наоборотъ, объ отдѣленіи этого послѣдняго, т.-е. процессами окисленія или возстановленія, то мы можемъ также, для опредѣленія термическаго характера изслѣдуемаго процесса, сравнить между собою теплоты сгоранія начальныхъ продуктовъ, вовлеченныхъ въ данный процессъ, и конечныхъ. Если теплота сгоранія первыхъ окажется больше теплоты сгоранія послѣднихъ, то изслѣдуемый процессъ является экзотермическимъ, въ противномъ случаѣ—эндотермическимъ.

8. Производство и потребленіе работы. Для возникновенія какого-либо экзотермическаго процесса необходима та или другая внѣшняя причина. Такъ, смѣсь водорода и кислорода или водорода и хлора остается безъ измѣненія до тѣхъ поръ, пока пламя, электрическая искра или какой-либо другой подобный причинный моментъ не дадутъ толчка къ соединенію газовъ. Уголь и углеродистыя соединенія соединяются съ окружающимъ кислородомъ только тогда, если они нагрѣты предварительно до такъ называемой температуры воспламененія, являющейся вполнѣ опредѣленной для каждаго вещества въ отдѣльности. Многія изъ такихъ явленій, съ которыми мы ознакомились уже ранѣе, можно отнести къ явленіямъ освобожденія (разряженія, Auslösung; см. гл. 5, § 17). При этихъ процессахъ та кинетическая энергія, которая возникаетъ изъ потенціальной реагирующихъ между собою веществъ, дѣлается свободною. Но разъ подобный процессъ начался, онъ поддерживается самъ собою, такъ какъ того количества кинетической энергіи, которое возникаетъ въ первыя стадіи процесса, является достаточнымъ для того, чтобы увлекать въ реакцію все новыя и новыя количества данныхъ веществъ. Иначе происходитъ при эндотермическихъ процессахъ, при которыхъ кинетическая энергія превращается въ потенціальную. Для поддержанія такихъ процессовъ является необходимымъ непрерывно доставлять реагирующимъ веществамъ кинетическую энергію, а именно извнѣ, будь то въ видѣ тепла, электрическаго тока или въ какой-либо другой формѣ.

Можно это выразить и такъ: экзотермическіе процессы производятъ работу, превращая потенціальную энергію въ кинетическую. Выраженіе «работа» принимается здѣсь въ самомъ широкомъ смыслѣ этого слова, такъ что подъ «работою» здѣсь разумѣется всякій родъ кинетической энергіи, какъ напр. теплота, механическая работа и пр. Если подобный процессъ начался, то онъ продолжается до тѣхъ поръ, пока,—если, конечно, не происходитъ извнѣ никакого нарушенія хода процесса,—вся потенціальная энергія, находящаяся въ данныхъ, между собою реагирующихъ веществахъ, не превратится въ кинетическую. Воспламенившійся уголь горитъ до тѣхъ поръ, пока совершенно не сгоритъ при наличности, конечно, достаточнаго количества кислорода. Эндотермическіе же процессы возникаютъ и протекаютъ только при непрерывной доставкѣ извнѣ кинетической энергіи; они потребляютъ работу, или, какъ можно также сказать, на нихъ должна затрачиваться работа. Чтобы разложить какое-либо химическое соединеніе, напр. окись ртути на ртуть и кислородъ (которые могутъ соединиться опять и при этомъ произвести работу) требуется доставка тепла извнѣ. Такимъ же образомъ могутъ быть разсматриваемы и жизненные процессы; ясно, что жизнь тѣхъ живыхъ существъ, въ которыхъ непрерывно совершается превращеніе веществъ съ большею теплотою сгоранія въ вещества съ меньшею теплотою сгоранія, т.-е. жизнь животныхъ, должна быть разсматриваема, какъ экзотермическій процессъ; жизнь же растеній представляется, вообще, эндотермическимъ процессомъ, хотя въ растеніяхъ отчасти встрѣчаются и экзотермическіе процессы.

Въ техникѣ различаютъ машины, превращающія потенціальную энергію въ кинетическую, причемъ онѣ производятъ работу, отъ машинъ переводящихъ одинъ видъ кинетической энергіи, доставляемой имъ, въ другіе виды этой энергіи, благодаря чему онѣ приспособляются къ извѣстной механической работѣ. Паровая машина является машиной перваго рода, строгальная машина или ткацкій станокъ—второго рода. Итакъ, различіе между ними состоитъ только въ томъ, что первыя производятъ кинетическую энергію, послѣднія же употребляютъ ее опредѣленнымъ образомъ. Сообразно этому животный организмъ долженъ быть разсматриваемъ, какъ та и другая машина. Онъ одновременно превращаетъ потенціальную энергію въ

кинетическую, часть этой энергіи идетъ въ различныхъ органахъ организма на ту или другую спеціальную внутреннюю работу, какъ-то на кровообращеніе, дыхательныя движенія и пр. Другая часть энергіи можетъ быть направлена на внѣшнюю работу, именно животное можетъ поднимать тяжести и т. д. Какимъ бы образомъ ни проявлялась та энергія, которая возникаетъ въ организмѣ изъ потенціальной энергіи, введенной въ него вмѣстѣ съ пищевыми веществами это безразлично, во всякомъ случаѣ при этомъ происходитъ образованіе кинетической энергіи. Въ растеніяхъ же, напротивъ того, совершается накопленіе потенціальной энергіи вслѣдствіе происходящихъ въ нихъ синтетическихъ процессовъ и накопленія въ нихъ поэтому значительныхъ количествъ веществъ, обладающихъ большою теплотою сгоранія. Итакъ, въ томъ, что касается производства того или другого вида энергіи, животныя и растенія являются прямыми противоположностями.

9. Растенія, лишенныя хлорофилла. Теперь мы должны выяснить важный вопросъ, откуда берется въ растеніяхъ та энергія, которая потребляется въ нихъ при накопленіи ими потенціальной энергіи, заключенной въ углеводахъ, жирахъ и бѣлковыхъ веществахъ. Отвѣтъ будетъ различенъ, смотря по тому, является ли данное растеніе хлорофиллоноснымъ или лишеннымъ хлорофилла.

Если мы обратимся прежде всего къ растеніямъ, не имѣющимъ хлорофилла, то мы увидимъ, что только немногія изъ нихъ, а именно истинные паразиты, питаются подобно животнымъ, т.-е. употребляютъ для своего питанія готовыя органическія вещества; часть этихъ послѣднихъ подпадаетъ въ ихъ тѣлѣ процессамъ окисленія, другая же часть удерживается въ данномъ организмѣ: растеніе ихъ накопляетъ. Всѣ другія безхлорофилльныя растенія, всевозможные виды питанія которыхъ мы разсмотрѣли въ предыдущей главѣ, обнаруживаютъ въ этомъ отношеніи ту замѣчательную особенность, что они только незначительную часть веществъ той среды, гдѣ произрастаютъ, употребляютъ для своихъ пластическихъ процессовъ, несравненно же бо́льшія количества ихъ они такъ или иначе разрушаютъ.

Такъ какъ ткани такихъ растеній состоятъ, подобно тканямъ зеленыхъ растеній, изъ протеиновыхъ веществъ, жировъ и углеводовъ,—веществъ, обладающихъ сравнительно значительною теплотою сгоранія,—то построеніе этихъ тканей естественно должно быть разсматриваемо, какъ эндотермическій процессъ. Хотя мы и не знаемъ, какимъ образомъ бактеріи клубеньковъ бобовыхъ растеній и грибныя нити рода микоризы превращаютъ свободный азотъ въ протеиновыя соединенія, однакоже мы можемъ сказать, что уже одно расщепленіе углекислоты, необходимо предшествующее такому синтезу, невозможно безъ потребленія кинетической энергіи. Мы устранимъ это затрудненіе, если примемъ, что разложеніе углекислоты обусловливается тѣмъ или другимъ хлорофиллоноснымъ растеніемъ, сожительствующимъ съ даннымъ грибомъ. Но существуютъ, какъ было уже выше упомянуто, бактеріи которыя могутъ заимствовать изъ углекислоты воздуха углеродъ, необходимый для синтеза веществъ, входящихъ въ составъ ихъ протоплазмы, причемъ эти бактеріи обходятся безъ помощи хлорофиллоносныхъ растеній. Также и всѣ нитрифицирующія и нитрофицирующія бактеріи навѣрное потребляютъ кинетическую энергію для образованія азотистыхъ органическихъ веществъ, такъ какъ образуемыя ими протеиновыя тѣла обладаютъ болѣе высокою теплотою сгоранія, чѣмъ химически имъ эквивалентныя, т.-е. содержащія равное количество азота, въ видѣ аммонія, азотистокислыхъ и азотнокислыхъ солей.

Явленія эти находятъ себѣ объясненіе въ фактѣ, выдвинутомъ нами на видъ въ началѣ этого параграфа, именно въ томъ, что жизнь этихъ растеній связана съ интенсивнымъ распадомъ веществъ, входящихъ въ составъ среды, ихъ окружающей; процессы же эти носятъ *экзотермическій* характеръ. Возникновеніе азотистой кислоты изъ амміака, обусловливаемое нитрофицирующими бактеріями, и образованіе азотной кислоты изъ азотистой, вызываемое нитрофицирующими бактеріями, являются процессами, тепловой эффектъ которыхъ будетъ положительный. То же самое отно-

сится и къ возникновенію сѣрной кислоты изъ сѣроводорода, происходящему благодаря сѣробактеріямъ, и къ образованію соединеній окиси желѣза, вызываемому желѣзобактеріями. То же самое можно сказать и о тѣхъ сложныхъ разложеніяхъ, которыя производятъ различные микробы въ органическихъ соединеніяхъ. Когда дрожжевые грибки Saccharomyces образуютъ изъ сахара и различныхъ солей тѣ или другія составныя части протоплазмы, идущія на образованіе молодыхъ дрожжевыхъ клѣтокъ, и, вмѣстѣ съ тѣмъ, расщепляютъ тотъ сахаръ, который является объектомъ изъ жизнедѣятельности, на алкоголь и углекислоту (причемъ это расщепленіе совершается въ гораздо большихъ количествахъ, чѣмъ сколько это необходимо для ихъ пластическихъ процессовъ), то при этомъ значительное количество тепла дѣлается свободнымъ. Подобное бываетъ и при разложеніяхъ, вызываемыхъ гнилостными бактеріями въ протеиновыхъ веществахъ, равно какъ при всякихъ другихъ превращеніяхъ, о которыхъ упоминалось въ предыдущей главѣ. Углекислота, вода, сѣроводородъ, амміакъ, метанъ, алкоголь и пр., однимъ словомъ, всѣ вещества, которыя возникаютъ при разложеніяхъ, обусловливаемыхъ микробами, имѣютъ, вмѣстѣ взятыя, меньшую теплоту сгоранія, чѣмъ тѣ вещества, изъ которыхъ они возникли.

Итакъ, въ жизни всѣхъ этихъ микробовъ наблюдаются одновременно процессы двухъ родовъ. Тѣ изъ нихъ, которые протекаютъ внутри микробовъ и которые ведутъ къ образованію составныхъ частей ихъ протоплазмы, эндотермическаго характера; для поддержанія этихъ процессовъ необходима доставка кинетической энергіи. Тѣ же процессы, которые совершаются одновременно съ первыми и протекаютъ въ средѣ, въ которой живутъ данные микробы, являются экзотермическими. Эти послѣдніе процессы преобладаютъ надъ первыми, такъ что въ итогѣ является освобожденіе теплоты. Возникающая свободная теплота переходитъ большею частью въ окружающую среду путемъ излученія, проведенія и черезъ испареніе воды. Часть же этой кинетической энергіи потребляется также самими микробами; на счетъ ея совершаются въ нихъ эндотермическіе процессы, поскольку питаніе ихъ не совершается какъ у животныхъ на счетъ поглощаемыхъ ими готовыхъ протеиновыхъ веществъ, углеводовъ и жировъ.

10. Ферменты и энзимы. Тѣ разложенія всевозможныхъ веществъ, которыя обусловливаются жизнедѣятельностью всякихъ низшихъ организмовъ и которыя играютъ столь важную, намъ уже извѣстную роль въ общемъ кругооборотѣ матеріи, указываютъ на особое значеніе микроорганизмовъ въ дѣлѣ кругооборота энергіи въ природѣ. Дѣйствительно, жизненные процессы микробовъ отличаются отъ жизненныхъ процессовъ животныхъ и хлорофиллоносныхъ растеній. Однакоже, ближайшія изслѣдованія указываютъ, что процессы, подобные вызываемымъ микроорганизмами, встрѣчаются также и въ жизни животныхъ и хлорофиллоносныхъ растеній.

Разнообразныя дѣйствія, проявляемыя микробами по отношенію къ органическимъ веществамъ, какъ-то разложеніе различныхъ видовъ сахара, наблюдаемое при броженіи (см. гл. 10, § 4); гидролитическое расщепленіе полисахаридовъ на простѣйшіе углеводы (см. гл. 10, § 9), расщепленіе весьма сложныхъ протеиновыхъ тѣлъ на болѣе простыя тѣла (см. гл. 10, § 17) и многіе, тому подобные процессы, о которыхъ была рѣчь въ предыдущей главѣ, извѣстны подъ общимъ названіемъ ферментативныхъ дѣйствій. Но подобныя дѣйствія можно произвести также при посредствѣ соковъ тѣхъ или другихъ железъ, равно какъ съ помощью вытяжекъ, получаемыхъ изъ железъ или изъ извѣстныхъ животныхъ и растительныхъ тканей. Сюда относятся неоднократно упоминаемыя расщепленія протеиновыхъ тѣлъ, углеводовъ и жировъ, производимыя разными пищеварительными соками (см. гл. 11, § 3), также и другіе, ниже указываемые процессы.

Подобно железистымъ клѣткамъ, многія другія клѣтки и самостоятельно живущіе микробы даютъ при извлеченіи ихъ водою, или при выжиманіи ихъ, вытяжки или соки, дѣйствующіе такъ же, какъ дѣйствуютъ сами клѣтки или микробы. Въ виду этого, тѣ клѣтки, которыя производятъ тѣ или другія химическія превращенія въ зависимости отъ ихъ жизненныхъ процессовъ, называются организованными ферментами; тѣ же дѣйствующія вещества клѣтокъ и микробовъ, которыя переходятъ въ вытяжки или соки, получаемые при выжиманіи ихъ, и которыя обнаруживаютъ подобныя же дѣйствія, называются неорганизованными или растворимыми ферментами. Для этихъ послѣднихъ сдѣлалось въ послѣднее время употребительнымъ названіе «энзимы», предложенное В. Кюне.

Вопросъ о томъ, оказываютъ ли организованные ферменты то или другое, свойственное имъ дѣйствіе только благодаря какому-либо веществу, ими производимому и такъ или иначе изъ нихъ извлекаемому, или же нѣтъ, является такимъ же вопросомъ, какъ вопросъ о томъ, могутъ ли живыя клѣтки окислять протеиновыя тѣла, углеводы и жиры при условіяхъ, при которыхъ эти вещества внѣ животнаго организма не окисляются только внутри ихъ тѣла, т.-е. только тогда когда эти вещества войдутъ въ составъ ихъ протоплазмы, или же эта окислительная способность свойственна и жидкостямъ, омывающимъ клѣтки. Вопросъ этотъ остается до сихъ поръ открытымъ *). По отношенію къ нѣкоторымъ специфическимъ дѣйствіямъ организованныхъ ферментовъ несомнѣнно выяснено, что они совершаются и внѣ этихъ послѣднихъ, что они наблюдаются даже въ тѣхъ случаяхъ, въ которыхъ не удалось еще дѣйствующее начало выдѣлить изъ организованныхъ ферментовъ и перевести его въ растворъ. Бактеріи, напримѣръ, не могутъ вбирать въ себя нерастворенныя и трудно диффундирующія вещества, такъ какъ онѣ заключены въ плотную оболочку. Но существуютъ многочисленныя бактеріи, которыя, произрастая на желатинѣ, бѣлкѣ или крахмалѣ, переводятъ, благодаря выдѣляемымъ ими энзимамъ, названныя вещества въ растворъ, разжижаютъ ихъ подобно тому, какъ это происходитъ при дѣйствіи переваривающихъ соковъ. Поэтому мы можемъ принять, что многіе, если не всѣ, организованные ферменты обнаруживаютъ то или другое специфическое дѣйствіе благодаря производимымъ ими энзимамъ, и, можетъ-быть, удастся показать, что между организованными и неорганизованными ферментами нѣтъ существенной разницы.

Мнѣніе, что ферментативное дѣйствіе организованныхъ ферментовъ тѣсно связано съ жизненными процессами этихъ послѣднихъ,—мнѣніе особенно защищаемое Пастеромъ,—въ позднѣйшее время сильно поколеблено. Взглядъ Пастера основывался главнымъ образомъ на его изслѣдованіяхъ надъ алкогольнымъ броженіемъ, вызываемомъ дрожжами. Но въ 1897 году Э. Бухнеру удалось получить изъ дрожжевыхъ клѣтокъ,—а именно при растираніи ихъ и послѣдующемъ отжиманіи подъ высокимъ давленіемъ сокъ,—который разлагаетъ сахаръ на алкоголь и углекислоту. Энзимы, производимые пищеварительными железами животныхъ, равно какъ встрѣчающіяся въ растеніяхъ, легко переходятъ въ различные растворы. Здѣсь мы упомянемъ вкратцѣ о тѣхъ энзимахъ, о которыхъ была уже раньше рѣчь (см. гл. 10, § 9, 13 и 17). Различаютъ протеолитическіе, амилолитическіе и расщепляющіе жиры энзимы. Нѣкоторыя железы производятъ только одинъ энзимъ, другія—нѣсколько, и притомъ или въ однѣхъ и тѣхъ же своихъ клѣткахъ, или же въ различныхъ клѣткахъ одного и того же отдѣла данной железы. Напр., сокъ поджелудочной железы млекопитающихъ содержитъ энзимы всѣхъ трехъ означенныхъ родовъ. При дѣйствіи про-

*) Лёвъ и Бокорный нашли, что живымъ клѣткамъ присуща способность редуцировать разведенные растворы серебряныхъ солей. Но эта реакція происходитъ только внутри клѣтокъ, а не въ межклѣточномъ сокѣ.

теолитическихъ энзимовъ всѣ протеиновыя тѣла, растворимыя и нерастворимыя, переходятъ въ легко растворимые и диффундирующіе альбумозы и пептоны; амилолитическіе энзимы превращаютъ крахмалъ и другіе нерастворимые полисахариды въ болѣе простыя ди'- и моносахариды; энзимы, расщепляющіе жиры, разлагаютъ нейтральные жиры на глицеринъ и жирныя кислоты; эти послѣднія могутъ соединяться съ имѣющимися на лицо щелочами въ мыла. Всѣ эти энзимы играютъ при пищевареніи весьма важную роль, превращая нерастворимыя и недиффундирующія вещества въ растворимыя и способныя къ диффузіи, такъ что онѣ дѣлаютъ возможнымъ всасываніе составныхъ частей пищи (см. гл. 11, § 3). Только благодаря этому пищевыя вещества могутъ переходить въ соки тѣла (—кровь и т. д.) и распредѣляться по всему организму. Подобные энзимы играютъ важную роль и въ жизненныхъ процессахъ хлорофиллоносныхъ растеній. Пищевыя вещества, отлагающіяся въ тѣхъ или другихъ мѣстахъ растенія, въ особенности въ хлорофилльныхъ зернахъ, должны, по мѣрѣ надобности, переноситься въ тѣ мѣста растительнаго организма, гдѣ они подлежатъ потребленію. Но этотъ переносъ можетъ осуществиться только тогда, если необходимыя, отчасти совершенно нерастворимыя вещества предварительно дѣлаются растворимыми. Нагляднѣе всего это видно на крахмалѣ, который образуется въ растеніяхъ только въ хлоропластахъ, подвергающихся дѣйствію солнечнаго свѣта и который при недостаткѣ освѣщенія исчезаетъ (см. гл. 15, § 12). Тѣ вещества, которыя разносятся по растенію, служатъ въ растеніи для пластическихъ процессовъ, подчасъ въ очень отдаленныхъ органахъ. Такъ какъ образованіе крахмала и вторично возникающихъ протеиновъ и жировъ при сильномъ освѣщеніи совершается въ большей мѣрѣ, чѣмъ одновременно происходящее потребленіе ихъ, то въ извѣстныхъ мѣстахъ растенія возникаютъ запасы названныхъ веществъ; эти мѣста именуются *хранилищами запасныхъ веществъ*. При извѣстныхъ условіяхъ потребленіе этихъ веществъ въ свою очередь преобладаетъ надъ ихъ производствомъ.

Между прочимъ и сѣмена богаты запасными веществами. На счетъ этихъ послѣднихъ зародышъ вырастаетъ въ молодое растеньице, до тѣхъ поръ, пока въ этомъ растеньицѣ не образуется хлорофилла, т.-е. пока оно не сдѣлается способнымъ къ синтезу органическихъ веществъ изъ углекислоты, воздуха, воды и солей, имѣющихся въ почвѣ, на которой оно произрастаетъ (см. гл. 15, § 4). Вещества, находящіяся въ сѣмени въ нерастворенномъ состояніи, должны превратиться въ растворимыя, чтобы сдѣлаться способными къ перемѣщенію изъ сѣмени въ зародышъ и чтобы служить для питанія этого послѣдняго. Такое превращеніе въ сѣменахъ совершается при помощи энзимовъ, которые возникаютъ въ сѣменахъ при ихъ прорастаніи и которыя легко извлекаются изъ нихъ водой. Въ большихъ размѣрахъ такое извлеченіе совершается при пивоваренін, именно при приготовленіи затора изъ солода.

При приготовленіи пива сырыя ячменныя зерна складываются въ кучи. Тогда они начинаютъ прорастать, скоро или медленно, смотря по температурѣ; при этомъ въ нихъ развиваются корешокъ и сѣменодоля. Далѣе, проросшія зерна убиваются при извѣстной высокой температурѣ, послѣ чего съ нихъ удаляются корешокъ и листики. Въ *солодѣ*, полученномъ такимъ образомъ, содержится протеолитическій и амилолитическій энзимы. Измельченный солодъ смѣшивается съ водою: въ полученной смѣси, такъ называемомъ *заторѣ*, происходитъ осахариваніе крахмала и пептонизація бѣлковыхъ тѣлъ, вслѣдствіе чего образуется *сусло*. Сусло освобождается отъ остатковъ ячменныхъ зеренъ и отъ протеиновыхъ веществъ и подвергается, въ присутствіи дрожжей, броженію,—получается пиво.

Амилолитическій энзимъ, извлекаемый изъ солода, носитъ названіе *амилаза* или *діастаза*. Онъ дѣйствуетъ, подобно слюнному энзиму, гидролитически расщепляя крахмалъ на декстринъ и мальтозу. Для гидролиза требуется очень немного діастаза; поэтому можно настоемъ небольшого количества солода перевести большія количества крахмала въ декстринъ и мальтозу.

Клубни, мясистые листья луковицъ и многія другія части зеленыхъ растеній также богаты запасными веществами. Изъ нихъ, какъ и изъ сѣмянъ, могутъ образоваться новыя растенія. Вещества, доставляемыя этимъ частямъ растеній въ растворимой формѣ, откладываются въ нихъ въ видѣ нерастворимыхъ соединеній; позднѣе они направляются, снова превращаясь каждый разъ въ растворимыя, къ мѣстамъ потребленія, главнымъ образомъ къ мѣстамъ роста, служа тамъ для образованія новыхъ побѣговъ. Возникающія здѣсь клѣтки получаютъ, слѣдовательно, себѣ пищу въ растворимой и способной къ диффузіи формѣ; онѣ потребляютъ ее, не подвергая перевариванію. Перевариваніе произошло уже въ клѣткахъ, заключающихъ запасныя вещества, совершенно подобно тому, какъ идетъ перевариваніе въ кишечномъ каналѣ высшихъ животныхъ, изъ котораго питательныя вещества въ растворимой и способной къ всасыванію формѣ переносятся къ клѣткамъ другихъ частей тѣла.

11. Специфичность энзимовъ. Энзимовъ существуетъ много, и каждый изъ нихъ можетъ обнаружить лишь одно опредѣленное химическое дѣйствіе. Такъ какъ еще не удалось получить энзимы въ химически чистомъ видѣ, то мы не можемъ сказать, тожественны ли между собою энзимы съ одинаковыми дѣйствіями, но различнаго происхожденія. Въ томъ видѣ, въ какомъ они получаются, путемъ извлеченія, изъ зимотически дѣйствующихъ клѣтокъ высшихъ организмовъ или микробовъ, они обнаруживаютъ нѣкоторыя реакціи, свойственныя протеиновымъ тѣламъ, вслѣдствіе чего они часто разсматриваются какъ таковыя [1]). При нагрѣваніи до 80° ихъ дѣйствіе пропадаетъ; напротивъ, они довольно нечувствительны по отношенію ко многимъ ядамъ, вреднымъ для живыхъ клѣтокъ. Поэтому представляется возможность, при изслѣдованіи дѣйствія энзимовъ, путемъ прибавленія незначительныхъ количествъ хлороформа, салициловой кислоты и т. п. исключить одновременное дѣйствіе живыхъ клѣтокъ (гнилостныхъ бактерій), могущихъ въ противномъ случаѣ помѣшать своимъ присутствіемъ.

Амилолитическіе энзимы, отдѣляемые слюнными железами и поджелудочной железой животныхъ, широко распространены также и въ растительномъ царствѣ. Протеолитическіе ферменты были найдены въ секретѣ желудочныхъ железъ, поджелудочной, кишечныхъ, въ секретахъ железъ насѣкомоядныхъ растеній, въ млечномъ сокѣ Carica papaya, но ихъ присутствіе должно предположить также, какъ уже выше было замѣчено, и во всѣхъ растеніяхъ, у которыхъ они принимаютъ участіе при переносѣ веществъ; то же относится и къ амилолитическимъ ферментамъ. Энзимъ, расщепляющій жиры и называемый стеапсиномъ, находится въ секретѣ поджелудочной железы. Кромѣ этихъ энзимовъ, дѣйствующихъ въ животномъ и растительномъ царствахъ при растореніи пищевыхъ и запасныхъ веществъ и потому важныхъ въ дѣлѣ питанія, встрѣчаются другіе, менѣе широко распространенные, но дѣйствующіе въ томъ же направленіи; нѣкоторые изъ нихъ были упомянуты въ десятой главѣ (напр. эмульсинъ). Многочисленныя дѣйствія, вызываемыя энзимами, отдѣляемыми бактеріями и другими грибами, были разсмотрѣны въ предшествующей главѣ. Подобнаго рода химическія превращенія часто производятся живыми организмами и въ такихъ случаяхъ, при которыхъ до сихъ поръ не удалось изолировать энзимовъ. Энзимы, повидимому, удерживаются клѣтками, ихъ приготовляющими, съ различною прочностью. Если убить дрожжевую клѣтку сильнымъ высушиваніемъ, хлороформомъ или толуоломъ, то ея бродильная способность теряется; она неспособна болѣе разлагать глюкозу на алкоголь и углекислоту. Напротивъ, инвертирующій ферментъ, расщепляющій тростниковый сахаръ на глюкозу и фруктозу (глава 10 § 7), легко можетъ быть извлеченъ изъ такихъ умерщвленныхъ клѣтокъ.

---

[1]) При извлеченіи тканей, содержащихъ энзимы (напр. мелко измельченныхъ железъ), водою и прибавленіи къ вытяжкѣ спиртнаго раствора вещества, нерастворимаго въ водѣ, образуется осадокъ, увлекающій энзимъ; новымъ извлеченіемъ можно снова выдѣлить его. Путемъ повторенія этого процесса можно до извѣстной степени очистить энзимъ.

Большая часть химическихъ превращеній, вызываемыхъ присутствіемъ энзимовъ, можетъ быть разсматриваема какъ гидролитическое расщепленіе (ср. гл. 10, §§ 9 и 17), достигаемое также кипяченіемъ съ кислотами и подобными средствами. Но въ то время какъ эти средства дѣйствуютъ расщепляющимъ образомъ на всевозможныя тѣла, составленныя по типу ангидридовъ или сложныхъ эфировъ, каждый ферментъ разлагаетъ только опредѣленныя группы веществъ или только совершенно опредѣленное тѣло, нѣкоторые, напр., только право- или лѣво-вращающую модификацію органическаго соединенія. Уже въ десятой главѣ были приведены нѣкоторые примѣры такого рода. Эти обстоятельства до сихъ поръ не нашли еще удовлетворительнаго объясненія.

Характерно для дѣйствія энзимовъ то, что крайне малое количество ихъ можетъ превратить большое количество соотвѣтствующаго тѣла. Только скорость, съ которою протекаетъ процессъ, дѣлается больше въ случаѣ большаго количества энзима; но, независимо отъ этого, превращеніе или продолжается до тѣхъ поръ, пока все находящееся количество вещества не будетъ переведено въ конечные продукты специфическаго расщепленія, или оно затихаетъ, если среди продуктовъ расщепленія находятся такіе, которые подавляютъ дѣйствіе энзимовъ. Если озаботиться объ удаленіи этихъ вредныхъ продуктовъ расщепленія, то можно съ очень малымъ количествомъ энзима разложить, такъ сказать, безконечно большое количество вещества [1]). Отсюда слѣдуетъ, что дѣйствіе протекаетъ во всякомъ случаѣ не по типу обыкновенныхъ химическихъ реакцій, требующихъ опредѣленныхъ вѣсовыхъ отношеній. Энзимы дѣйствуютъ, такъ сказать, однимъ своимъ присутствіемъ, не вступая сами въ химическія реакціи. Поэтому ихъ дѣйствіе сравнивали съ такъ называемымъ **контактнымъ дѣйствіемъ** металловъ. Аналогія во всякомъ случаѣ очень поверхностная и не можетъ привести къ дѣйствительному разъясненію положенія вещей. Нѣсколько большее значеніе имѣетъ гипотеза, впервые высказанная **Либихомъ** и позднѣе дальше развитая **Негели**, по которой атомы, составляющіе энзимы, находясь въ оживленномъ колебаніи, передаютъ отчасти свою энергію молекуламъ, приходящимъ съ ними въ соприкосновеніе и, усиливая въ нихъ колебанія атомовъ, приводятъ ихъ къ распаду. Но и въ этой формѣ гипотеза не объясняетъ достаточно удовлетворительнымъ образомъ, почему каждый энзимъ дѣйствуетъ только на опредѣленный родъ веществъ и производитъ совершенно опредѣленные, ему свойственные продукты разложенія, между тѣмъ какъ по отношенію къ другимъ веществамъ, хотя бы имѣющимъ сходную химическую конституцію, можетъ оказаться совершенно недѣйствительнымъ.

Несмотря на большое разнообразіе явленій, подводимыхъ подъ понятіе дѣйствія энзимовъ, всѣ относящіяся сюда превращенія веществъ сходны въ томъ, что представляютъ экзотермическіе процессы. На этомъ основаніи понятно, почему уже крайне незначительныя количества энзима въ состояніи произвести химическое превращеніе неограниченнаго количества веществъ. Экзотермическіе процессы, какъ мы видѣли, разъ начавшись, продолжаются до тѣхъ поръ, пока есть способныя къ превращенію вещества. Экзотермическая природа процессовъ, вызываемыхъ энзимами, доказана для многихъ случаевъ, все равно, было ли это сдѣлано путемъ экспериментальнаго доказательства, что процессъ протекаетъ съ отдачей тепла, или путемъ установки, что конечные продукты процесса обладаютъ меньшей теплотой сгоранія по сравненію съ тѣми, изъ которыхъ они произошли. Тамъ, гдѣ нѣтъ такого экспериментальнаго доказательства, говорятъ за это логическія основанія. Въ тѣхъ немногихъ случаяхъ, въ которыхъ нѣкоторые изслѣдователи несомнѣнно эндотермическіе

---

[1]) Такъ какъ энзимы, подобно тѣламъ, на которыя они дѣйствуютъ, обыкновенно трудно диффундируютъ; продукты же превращенія, напротивъ, легко, то можно устранить вредное вліяніе послѣднихъ, удаляя ихъ діализомъ. Такимъ образомъ можно постоянно вводить въ діализаторъ новыя количества тѣлъ и получать большое количество продуктовъ превращенія при самомъ незначительномъ содержаніи фермента.

процессы приписываютъ дѣйствію энзимовъ, разумѣе выдѣлить предварительно эти процессы и попытаться объяснить ихъ другимъ путемъ. При такомъ ограниченіи понятія процессами съ химически однородной природой выигрываетъ ясность изложенія.

Количество кинетической энергіи, освобождающейся при зимотическихъ процессахъ, по большей части очень незначительно, такъ что часто требуются тонкіе способы наблюденія, чтобы вообще это доказать. Это объясняетъ, почему химическіе процессы, вызываемые энзимами, протекаютъ всегда только медленно и въ высокой степени зависятъ отъ окружающей температуры. Если послѣдняя очень низка, то небольшія количества тепла, производимыя химическимъ процессомъ превращенія, быстро отдаются наружу, слѣдовательно, не могутъ служить для продолженія процесса. Это тогда легко приводитъ къ остановкѣ, что обыкновенно наблюдается около точки замерзанія. Напротивъ, при болѣе высокихъ температурахъ превращеніе протекаетъ быстро и достигаетъ въ большинствѣ случаевъ около 40° наибольшей скорости. Если поднять температуру еще выше, то снова наступаетъ ослабленіе дѣйствія, и при нагрѣваніи болѣе, чѣмъ до 70°, почти всѣ энзимы дѣлаются недѣйствительными, вѣроятно, вслѣдствіе химическаго разрушенія, измѣненія структуры ихъ по всей вѣроятности очень сложно построенной молекулы. Если дѣйствіе энзима подавлено нагрѣваніемъ, то часть веществъ, не успѣвшихъ подвергнуться дѣйствію энзима, остается неизмѣненною. Чтобы возобновить процессъ превращенія, необходимо внести новый, еще неизмѣненный энзимъ. Если же температура не поднималась такъ высоко, чтобы разрушить все количество энзима, то процессъ превращенія продолжается со скоростью, соотвѣтствующею температурѣ.

12. Ассимиляція. Зимотическіе процессы, какъ мы видѣли, встрѣчаются у всѣхъ живыхъ существъ и играютъ при пищеваренін и при переносѣ питательнаго матеріала въ мѣста потребленія очень важную роль и у животныхъ и у зеленыхъ растеній. Вещества, переведенныя энзимами въ растворимую форму и принесенныя клѣткамъ организма, должны быть пригодны для замѣщенія тѣлъ, потребленныхъ при обмѣнѣ и для роста, т.-е. для образованія новыхъ клѣтокъ, подобныхъ существующимъ. Живыя клѣтки обладаютъ способностью извлекать изъ смѣси веществъ, растворенныхъ въ омывающемъ ихъ межклѣточномъ сокѣ, тѣ, которыя для нихъ пригодны, другія же вещества онѣ или не принимаютъ или, если они попадаютъ въ нихъ путемъ диффузіи, выдѣляютъ обратно въ неизмѣненномъ видѣ.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ нетрудно понять, какъ это происходитъ. Легко диффундирующіе пептоны, глюкозы и т. п. превращаются въ клѣткахъ въ трудно или почти не диффундирующія, частью въ совершенно нерастворимыя соединенія. Образующіяся нерастворимыя или хотя и растворимыя, но трудно диффундирующія тѣла всѣ имѣютъ высокій молекулярный вѣсъ. Такъ какъ болѣе сложно построенныя тѣла производятъ меньшее осмотическое давленіе, чѣмъ тѣ тѣла, изъ которыхъ они произошли, то поступленіе послѣднихъ путемъ осмоза можетъ продолжаться, выхожденіе же образовавшихся изъ нихъ тѣлъ сильно затрудняется. Образующіяся тѣла суть протеины, углеводы и жиры; изъ углеводовъ въ растеніяхъ главнымъ образомъ встрѣчается крахмалъ; въ корняхъ георгинъ, земляной груши *(Helianthus tuberosus)* и въ другихъ растеніяхъ также и въ улинъ; у животныхъ же гликогенъ. Если разсматривать дѣйствіе энзимовъ, вызывающее образованіе изъ протеиновъ пептоновъ, изъ полисахаридовъ ди- и моносахаридовъ и т. д., какъ гидролитическое расщепленіе, то упомянутые здѣсь синтетическіе процессы могутъ быть приняты за процессы ангидрированія. Это эндотермическіе процессы, для возникновенія которыхъ потребляется часть энергіи, образующейся при другихъ процессахъ.

Это представленіе предполагаетъ, что клѣточной протоплазмѣ присуща способность строить синтетически изъ простыхъ тѣлъ болѣе сложныя. Что эта способность присуща растительнымъ клѣткамъ, это несомнѣнно. Но мы должны приписать ее и животнымъ клѣткамъ, такъ какъ и имъ питательный матеріалъ приносится только въ растворимой и способной къ диффузіи формѣ. Такимъ образомъ, жизненныя явленія какъ въ животныхъ, такъ и въ растительныхъ клѣткахъ составляются всегда изъ эндо- и экзотермическихъ процессовъ. Смотря по тому, перевѣшиваютъ ли тѣ или другіе, жизненный процессъ протекаетъ то съ положительнымъ, то съ отрицательнымъ теплообразованіемъ.

Вводимыя тѣла лишь рѣдко, особенно у животныхъ, совершенно точно соотвѣтствуютъ тому химическому составу, который имѣютъ части тѣла, изъ нихъ создаваемыя. Многія животныя могутъ питаться только растеніями; несмотря на это, въ ихъ органахъ не находятъ воспринятыхъ растительныхъ веществъ, но характерные для животныхъ протеины, полисахариды и жиры. Изъ клейковины, легумина и подобныхъ протеиновыхъ тѣлъ животное приготовляетъ бѣлки, хотя и подобные имъ во многихъ отношеніяхъ, но, все-таки отличные отъ нихъ, какъ напр. казеинъ молока. И животные жиры не совершенно сходны съ принимаемыми въ пищѣ; есть основаніе принимать, что въ животномъ тѣлѣ изъ углеводовъ, а, можетъ-быть, и изъ протеиновыхъ веществъ можетъ образоваться жиръ. Но самымъ яснымъ примѣромъ служатъ углеводы. Крахмалъ пищи разлагается энзимами на простыя сахарозы; изъ нихъ въ животномъ тѣлѣ снова образуется, но не крахмалъ, а отличающійся отъ него гликогенъ. Нѣкоторыя характерныя тѣла встрѣчаются только въ совершенно опредѣленныхъ тканяхъ.

Изъ этого вытекаетъ, что каждая клѣтка обладаетъ свойствомъ синтетически производить опредѣленныя вещества, если у нея имѣется въ распоряженіи необходимый для этого матеріалъ. Мы называемъ это свойство образовывать изъ различнаго матеріала совершенно опредѣленныя тѣла, подобныя уже предсуществующимъ въ клѣткѣ, способностью уподобленія или ассимиляціи. Она присуща всѣмъ клѣткамъ.

Для ассимиляціи имѣетъ большую важность разложеніе энзимами сложныхъ тѣлъ на болѣе простыя. Крахмалъ и гликогенъ—полисахариды; при разложеніи крахмала на простыя сахарозы, изъ послѣднихъ можетъ образоваться гликогенъ, между тѣмъ какъ прямое превращеніе крахмала въ гликогенъ невозможно. По всей вѣроятности такое же отношеніе существуетъ между пентонами и образующимися изъ нихъ протеиновыми тѣлами.

Мы употребляемъ обозначеніе ассимиляція нѣсколько въ болѣе широкомъ смыслѣ, чѣмъ это дѣлается въ растительной физіологіи, гдѣ подъ этимъ подразумѣвается только образованіе сложныхъ органическихъ соединеній при разложеніи углекислоты въ содержащихъ хлорофиллъ клѣткахъ. Но такъ какъ каждая клѣточка можетъ приготовлять изъ доставленнаго ей матеріала такія вещества, которыя подобны или совершенно одинаковы съ предсуществующими въ ней, то слово это охватываетъ всѣ процессы. Мы уже пользовались имъ въ этомъ смыслѣ при обсужденіи процессовъ питанія амёбы (гл. 12, § 5).

13. Зеленыя растенія. Въ то время какъ разсмотрѣнные жизненные процессы у животныхъ и у безхлорофилльныхъ растеній, несмотря на наблюдаемыя и у нихъ отдѣльныя эндотермическія явленія, въ общей своей сложности представляются экзотермическими; у зеленыхъ же растеній совершенно наоборотъ. Рядомъ съ экзотермическими процессами, протекающими въ незначительной степени, эндотермическіе въ общей массѣ перевѣшиваютъ, такъ что первые отходятъ на задній планъ. Воспринимаемыя зелеными растеніями углекислота, вода, соли не имѣютъ никакой или почти никакой теплоты сгоранія, то же, что въ нихъ образуется, углеводы, жиры, протеиновыя тѣла имѣютъ значительную. Незначительную часть органическихъ веществъ, отложенныхъ въ растеніи, послѣднее снова разлагаетъ, поглощая кислородъ и выдѣляя углекислоту (см. гл. 14, § 5). Но эта часть жизненныхъ процессовъ далеко уступаетъ тѣмъ, подъ вліяніемъ которыхъ совершаются многочисленные синтезы углеводовъ, жировъ и протеиновыхъ тѣлъ. Мы не можемъ воспроизвести этихъ синтезовъ съ тѣмъ, чтобы калориметрически изслѣдовать поглощеніе тепла. Но сравненіе теплоты сгоранія отложенныхъ углеводовъ, жировъ и протеиновъ съ теплотой сгоранія углекислоты, воды и азотнокислаго калія, изъ которыхъ они произошли, позволяетъ намъ съ полною опредѣленностью утверждать, что процессы, при посредствѣ которыхъ растенія образуютъ первые изъ послѣднихъ, должны принадлежать къ эндотермическимъ.

Для отвѣта на вопросы, откуда берется энергія, потребная для производства этихъ эндотермическихъ процессовъ, имѣетъ рѣшающее значеніе фактъ, что отложеніе крахмала въ содержащихъ хлорофиллъ клѣткахъ происходитъ только подъ вліяніемъ солнечнаго

свѣта и что только вторично изъ образованныхъ такимъ образомъ углеводовъ возникаютъ протеиновыя тѣла. Это приводитъ, такимъ образомъ, къ ближе всего лежащему предположенію, что потребная для этихъ эндотермическихъ процессовъ кинетическая энергія доставляется солнечными лучами. Эндотермическіе процессы, какъ мы видѣли, протекаютъ только въ томъ случаѣ, если существуетъ постоянный притокъ кинетической энергіи. Съ этимъ находится въ согласіи тотъ фактъ, что въ зеленыхъ растеніяхъ, на долгое время лишаемыхъ свѣта, происходитъ постоянное уменьшеніе отложенныхъ веществъ и, наконецъ, наступаетъ смерть, между тѣмъ какъ тѣ же самыя вещества снова начинаютъ образовываться какъ только растенія дѣлаются доступными дѣйствію свѣта. Нѣкоторыя части растеній могутъ расти и въ темнотѣ на счетъ уже образованныхъ веществъ; все же растеніе, какъ цѣлое, вслѣдствіе процессовъ дыханія уменьшается въ своемъ вѣсѣ, если даже оно можетъ безпрепятственно принимать воду и соли. Оно, подобно животному, недостаточно питающемуся, подконецъ умираетъ.

Итакъ, зеленыя растенія для образованія углеводовъ, жировъ и протеиновыхъ веществъ нуждаются въ солнечномъ свѣтѣ. То, что мы называемъ свѣтомъ, мы представляемъ себѣ въ видѣ кинетической энергіи эфира (эфирныя колебанія), могущей, подобно другимъ формамъ энергіи, превращаться самымъ разнообразнымъ способомъ (ср. гл. 5, § 14). Разложеніе хлористаго серебра, напр., на свѣтѣ можетъ быть совершенно сравниваемо съ разложеніемъ углекислоты въ зеленыхъ растеніяхъ. Конечно, между этими двумя процессами существуетъ различіе; въ хлорофилльныхъ зернахъ, въ которыхъ совершается разложеніе углекислоты, освобождающійся атомъ углерода тотчасъ соединяется съ водородомъ и кислородомъ, образуя углеводъ. При этомъ синтезѣ, вѣроятно, освобождается теплота, но количество этой теплоты во всякомъ случаѣ меньше, чѣмъ сколько соотвѣтствуетъ энергіи, затраченной на разложеніе углекислоты. Въ окончательномъ результатѣ получаются тѣла, теплота сгоранія которыхъ по сравненію съ первоначальными тѣлами, углекислотой и водой, очень значительна. То же самое относится и къ синтезу протеиновыхъ тѣлъ. Алгебраическая сумма всѣхъ происходящихъ въ зеленыхъ растеніяхъ процессовъ даетъ поэтому отрицательное выраженіе для теплопроизводства. Берутъ перевѣсъ эндотермическіе процессы. Для ихъ поддержанія необходимъ постоянный притокъ кинетической энергіи извнѣ, а эта послѣдняя, очевидно, можетъ быть доставлена только солнечными лучами.

14. Обмѣнъ энергіи организованнаго міра въ его цѣломъ. Если мы бросимъ еще разъ взглядъ на отдѣльныя группы организованныхъ существъ, то увидимъ слѣдующее: всѣ безхлорофилльные организмы могутъ освобождать кинетическую энергію только путемъ окисленія веществъ, приготовленныхъ въ зеленыхъ растеніяхъ. Травоядныя животныя получаютъ эти вещества непосредственно изъ растительнаго царства, животныя же, питающіяся травоядными, черезъ посредство послѣднихъ. Другіе организмы пользуются потенціальною энергіею веществъ, отчасти уже превращенныхъ въ тѣлѣ другихъ организмовъ, но еще не вполнѣ окисленныхъ, причемъ они переводятъ ихъ въ высшія степени окисленія. Нѣкоторыя бактеріи пользуются окисленіемъ азота, желѣза, сѣры, какъ источникомъ энергіи, переводя эти элементы или вѣрнѣе слабо окисленныя соединенія ихъ въ высшія степени окисленія. По отношенію къ амміаку, соединеніямъ желѣза и сѣры весьма вѣроятно, что они возникаютъ изъ органическихъ соединеній, которыя могутъ быть построены только зелеными растеніями при содѣйствіи солнечнаго свѣта. Для органическихъ соединеній, потребляемыхъ многими микробами, это внѣ всякаго сомнѣнія. Многіе процессы неорганической природы, какъ и въ организованномъ мірѣ, ведутъ къ образованію угольной кислоты. Возстановленіе послѣдней, образованіе богатыхъ углеродомъ соединеній, сжиганіемъ которыхъ можетъ быть снова получена энергія, въ большомъ количествѣ происходитъ постоянно въ зеленыхъ растеніяхъ.

Изъ всего вышесказаннаго слѣдуетъ, что необходимымъ условіемъ для всѣхъ самыхъ разнообразныхъ нами разсмотрѣнныхъ проявленій органической жизни является образованіе

въ зеленыхъ растеніяхъ органическихъ соединеній, сравнительно бѣдныхъ кислородомъ. Такъ какъ это образованіе поддерживается только энергіею солнечныхъ лучей, то солнце, слѣдовательно, служитъ единственнымъ и исключительнымъ источникомъ энергіи для всей жизни на землѣ. Зеленыя растенія пользуются этой энергіей непосредственно; всѣ же другія живыя существа пользуются потенціальной энергіей органическихъ веществъ, выработанныхъ зелеными растеніями, и переводятъ ее въ кинетическую, благодаря процессу окисленія этихъ веществъ, причемъ послѣднія опять превращаются въ продукты менѣе или болѣе окисленные и, наконецъ, въ углекислоту, воду и азотную кислоту.

Но этими непосредственными воздѣйствіями на проявленія жизни у разнородныхъ живыхъ существъ далеко не исчерпывается вліяніе солнечныхъ лучей на ходъ жизненныхъ процессовъ. Воздухъ и вода, о посредничествѣ которыхъ въ распространеніи необходимыхъ для жизни веществъ мы упоминали выше, приводятся въ движеніе благодаря энергіи солнечныхъ лучей. Вслѣдствіе неравномѣрнаго согрѣванія атмосферы въ различныхъ мѣстахъ на земной поверхности образуются вѣтры, обусловливающіе постоянное смѣшеніе газовъ, и, такимъ образомъ, вездѣ имѣются достаточныя количества кислорода для всевозможныхъ процессовъ окисленія и вездѣ достаточно углекислоты для произрастанія зеленыхъ растеній. Нагрѣваніе воды въ рѣкахъ, прудахъ и озерахъ вызываетъ сильное испареніе ея въ воздухъ, къ этому присоединяются еще испареніе растеній и влага выдѣленій животныхъ организмовъ. Водяной паръ разносится повсюду вѣтромъ и, охлаждаясь, падаетъ обратно на землю, доставляя опять растеніямъ и животнымъ необходимую для ихъ существованія воду. Избытокъ ея, сообразно съ закономъ тяжести, течетъ изъ болѣе высокихъ мѣстъ въ болѣе низкія, опять достигаетъ большихъ резервуаровъ озеръ и морей, изъ которыхъ вода снова вслѣдствіе согрѣванія солнечными лучами поднимается въ воздухъ. Такимъ образомъ, энергія солнечныхъ лучей поддерживаетъ постоянный круговоротъ въ движеніи воды, какъ часть круговорота веществъ, безъ котораго жизнь не могла бы существовать.

Вѣтеръ и теченія воды переносятъ зародыши, изъ которыхъ могутъ образоваться организмы, въ мѣста, гдѣ они находятъ подходящія условія для своего развитія, а образовавшіеся продукты разложенія въ мѣста, гдѣ они снова подвергаются превращеніямъ со стороны другихъ живыхъ существъ. Человѣкъ принимаетъ дѣятельное участіе въ этомъ движеніи, онъ пользуется берущей свое начало отъ солнца энергіей вѣтра и теченія воды для приведенія въ движеніе мельницъ, кораблей и тѣмъ содѣйствуетъ круговороту веществъ и ускоряетъ его. Къ количеству энергіи, получаемой отъ вѣтра, теченія воды, изъ процессовъ окисленія пищевыхъ продуктовъ въ своемъ тѣлѣ и въ тѣлѣ своихъ домашнихъ животныхъ, человѣкъ присоединяетъ еще энергію машинъ, развиваемую сжиганіемъ въ нихъ угля и равнымъ образомъ берущую свое начало отъ солнца. Вѣдь всѣ горючія вещества имѣютъ органическое происхожденіе и возникли вслѣдствіе превращенія солнечной энергіи; нѣкоторыя изъ нихъ, какъ дерево, образовались въ послѣднее время въ произрастающихъ нынѣ лѣсахъ, другія, какъ торфъ, бурые и каменные угли, представляютъ собою остатки растительныхъ организмовъ, ранѣе жившихъ, за много тысячъ лѣтъ до нашего времени. Человѣкъ, сжигая теперь этотъ уголь, возвращаетъ опять атмосферѣ въ формѣ углекислоты то, что было взято у нея уже давно исчезнувшими организмами, а эта углекислота снова можетъ войти въ составъ нынѣ живущихъ зеленыхъ растеній въ видѣ углеводовъ, жировъ и протеиновыхъ веществъ. Такимъ образомъ, всякій источникъ энергіи на землѣ обязанъ своимъ происхожденіемъ солнцу, точно такъ же, какъ и потенціальная энергія, безпрерывно накопляющаяся въ нынѣ живущихъ растеніяхъ. Каменный уголь, дерево и проч. представляютъ собою, по словамъ англійскаго инженера Стефенсона, изобрѣтателя локомотивовъ, солнечный свѣтъ, разлитый по бутылкамъ. Дерево при этомъ можно сравнить съ молодымъ виномъ

изъ лозъ, созрѣвшихъ въ послѣдніе годы подъ вліяніемъ солнца, каменный же уголь похожъ на старое выдержанное вино изъ давно минувшихъ временъ. Вышесказанное относится точно также къ употребляемымъ нами матеріаламъ для полученія лучистой свѣтовой энергіи. Въ лучинахъ и масляныхъ лампахъ мы сжигаемъ вещества, образовавшіяся сравнительно недавно; нефть и получаемый изъ угля свѣтильный газъ представляютъ собою предметы болѣе или менѣе отдаленнаго прошлаго. Наконецъ, если люди часть энергіи, содержащейся въ углѣ или въ текучей водѣ, или въ вѣтрѣ, превращаютъ съ помощью динамомашинъ въ электрическую, то этимъ дается только другой видъ все той же солнечной энергіи, причемъ она можетъ проявиться также въ первоначальной формѣ свѣта. Когда динамомашина, приводимая въ движеніе сжиганіемъ каменнаго угля, заставляетъ свѣтить электрическія лампы тогда свѣтитъ намъ не только «солнце Гомера», но и то солнце, лучи котораго падали на землю много-много тысячелѣтій тому назадъ. Подъ вліяніемъ этого снова воскресшаго свѣта мы можемъ опять вызвать образованіе органическихъ веществъ въ зеленыхъ растеніяхъ и, такимъ образомъ, возобновить прерванный въ глубокой древности круговоротъ веществъ.

15. Односторонность въ превращеніяхъ энергіи. Сравнивая выше намѣченную картину превращеній энергіи съ изложеннымъ въ предыдущей главѣ круговоротомъ веществъ въ органической природѣ, мы находимъ весьма существенную разницу. Круговоротъ веществъ ограничивается только земнымъ шаромъ, включая сюда принадлежащую ему атмосферу. Насколько мы въ состояніи прослѣдить процессы въ этой области, мы вездѣ находимъ неизмѣнно имѣющимъ силу основной законъ сохраненія матеріи. То, что мы на основаніи спектральнаго анализа и другихъ способовъ можемъ узнать о матеріи другихъ небесныхъ свѣтилъ, позволяетъ намъ заключить, что и эти послѣднія состоятъ изъ матеріи, обладающей сходными свойствами. Поэтому мы имѣемъ полное основаніе принять, что этотъ основной законъ сохраняетъ свою силу во всемірномъ пространствѣ вездѣ, гдѣ только находится матерія. Совсѣмъ иначе обстоитъ дѣло съ энергіей. Мы, правда, точно также и здѣсь видимъ, что всякая энергія получается переходомъ одной ея формы въ другую. Мы никогда не наблюдаемъ ничего такого, что позволяло бы заключить о возникновеніи новой энергіи или исчезновеніи существующей. Но здѣсь, несмотря на то, что мы только разсматриваемъ явленія жизни на землѣ, мы должны выйти изъ земныхъ предѣловъ. Міръ живыхъ существъ, вѣтры, теченія воды, всѣ эти проявленія энергіи на землѣ берутъ свое начало отъ солнца. Оно является причиною, которая съ незапамятныхъ временъ поддерживала на землѣ жизнь растеній и животныхъ. Оно поддерживаетъ ее и теперь и будетъ поддерживать до тѣхъ поръ, пока не истощится его энергія. Безпрерывный круговоротъ веществъ, это необходимое условіе всякой земной жизни, обусловливается исключительно энергіей солнечныхъ лучей. Въ растеніяхъ происходитъ процессъ образованія веществъ съ бо́льшею теплотою сгоранія изъ соединеній съ меньшею теплотою сгоранія; первыя изъ нихъ необходимы для поддержанія животной жизни; причиною всѣхъ этихъ явленій служитъ энергія солнца. Но движеніе энергіи отъ солнца къ землѣ не есть круговое движеніе. Земля изъ энергіи, получаемой отъ солнца, возвращаетъ ему лишь самую незначительную часть посредствомъ излученія, другая же огромная часть уходитъ въ формѣ свободной теплоты и разсѣивается въ безконечномъ міровомъ пространствѣ. И мы ничего не знаемъ, возвращается ли она окольными путями опять къ солнцу, т.-е. представляетъ ли собою движеніе энергіи полный круговоротъ. Мы можемъ относительно этого вопроса дѣлать только болѣе или менѣе вѣроятныя предположенія.

На основаніи достовѣрныхъ фактовъ можно утверждать, что земля не всегда находилась въ состояніи, которое допускало на ней органическую жизнь такого рода, какъ нынѣ существующая. Между всѣми гипотезами относительно образованія міровой системы по своей внутренней стройности и согласію со всѣми отдѣлами естествознанія заслуживаетъ особеннаго вниманія гипотеза, предложенная философомъ Кантомъ и математикомъ Лапласомъ, которые

разработали ее независимо другъ отъ друга. Суть ея состоитъ въ предположеніи, что первоначально вся матерія въ міровомъ пространствѣ образовала собою туманность, весьма незначительной плотности, по подобіе теперешнихъ кометъ. Изъ этой матеріи въ отдѣльныхъ мѣстахъ образовались міровыя тѣла. Но такое уплотненіе было сопряжено съ выдѣленіемъ большого количества теплоты, и образовавшіяся тѣла обладали весьма высокой температурой, которая только впослѣдствіи мало-по-малу падала вслѣдствіе излученія, притомъ скорѣе остывали малыя тѣла, медленнѣе большія.

Такъ образовались въ міровомъ пространствѣ, кромѣ нашей солнечной системы, еще многія другія; мы знаемъ о нихъ по свѣту, который онѣ намъ посылаютъ, но кромѣ нихъ, по всей вѣроятности, существуетъ несмѣтное количество такихъ, о которыхъ мы ничего не знаемъ. Въ нашей солнечной системѣ солнце сохранило высокую температуру; энергія, выходящая изъ него въ формѣ колебаній эфира, достигаетъ земли и поддерживаетъ на ней жизнь. Падаетъ ли мало по малу температура солнца, или запасъ его энергіи постоянно возобновляется, благодаря внѣшнимъ приращеніямъ,—относительно этого мы ничего не знаемъ. Если, какъ это, по всей вѣроятности, бываетъ, часть матеріи, двигающейся въ формѣ кометъ вокругъ солнца, иногда съ нимъ соединяется, должно вслѣдствіе этого происходить повышеніе температуры. И вообще, если падаетъ температура солнца, то она должна падать весьма медленно. Такъ что нѣтъ ничего удивительнаго, что съ того времени, какъ человѣкъ пріобрѣлъ въ этомъ направленіи нѣкоторыя научныя познанія, нельзя было замѣтить сколько-нибудь ощутительнаго пониженія температуры солнечныхъ излученій. Но если послѣдняя падаетъ, и если когда-нибудь въ будущемъ температура солнца и земли сравняется, то, такъ какъ теплота можетъ только переходить отъ выше нагрѣтыхъ тѣлъ къ тѣламъ съ болѣе низкой температурой, тогда должно будетъ прекратиться всякое движеніе энергіи отъ солнца къ землѣ и исчезнетъ источникъ жизни на послѣдней. Теряемая такимъ образомъ энергія нашей солнечной системы не можетъ, конечно, сообразно съ нашими представленіями, совершенно исчезать. Она должна гдѣ-нибудь попадать на матеріальныя тѣла въ міровомъ пространствѣ и увеличивать ихъ кинетическую энергію. Быть-можетъ, образуются тогда новыя системы, на подобіе нашей солнечной, которыя развиваются и опять приходятъ въ состояніе равновѣсія температуръ, послѣ того какъ ихъ энергія перешла опять на другія системы. Но мы не будемъ углубляться больше въ эти гипотетическія разсужденія, наша задача состояла въ изложеніи въ общихъ чертахъ, на сколько это возможно при современномъ состояніи нашихъ знаній, проявленій существующей нынѣ на земномъ шарѣ жизни.

ВОСЕМНАДЦАТАЯ ГЛАВА.

Отправленія организмовъ.

1. Обзоръ отправленій. Когда въ организмѣ потенціальная энергія какого бы то ни было рода переходитъ въ кинетическую, то мы можемъ говорить объ отправленіи. Организмъ относится при этомъ подобно силовой машинѣ (ср. гл. 17, § 8). Но бываютъ случаи, въ которыхъ кинетическая энергія проявляется, какъ превращеніе дѣйствующей извнѣ, въ этихъ случаяхъ организмъ своей механикой опредѣляетъ только форму работы, слѣдовательно, онъ дѣйствуетъ подобно пріемникамъ энергія *). Примѣры того и другого рода были уже разсмотрѣны въ предшествующихъ главахъ. Въ настоящей же прежнія данныя должны быть дополнены, причемъ наиболѣе важныя формы отправленій должны быть наглядно сопоставлены.

Отправленія въ собственномъ, вышеуказанномъ смыслѣ могутъ дать поводъ къ движеніямъ молекулъ, массъ или эфира. Молекулярное движеніе обнаруживается въ видѣ тепла; движеніе массъ проявляется въ видѣ перемѣны ими мѣста въ формѣ ли движеній отдѣльныхъ частей организма или передвиженія всего организма. Въ эту рубрику мы мо-

*) Въ техникѣ машины, превращающія потенціальную энергію въ кинетическую, называются силовыми машинами, генераторами энергіи; а станки—пріемниками энергіи. *С. С.*

жемъ включить также всѣ химическія измѣненія, происходящія внутри организма, такъ какъ они всегда связаны съ измѣненіемъ положенія матеріальныхъ атомовъ. Мы лучше ограничимъ, однако, этотъ родъ отправленій такими химическими процессами, при которыхъ, какъ напр. при секреціи, появляются специфически дѣйствующія вещества. Наконецъ, отправленія, при которыхъ идетъ дѣло объ эфирномъ движеніи, относятся къ проявленію электрическаго тока или свѣта.

Нѣкоторыя изъ этихъ отправленій свойственны всѣмъ организмамъ, хотя у нѣкоторыхъ изъ нихъ они и наблюдаются въ очень незначительномъ объемѣ, у другихъ же, напротивъ, они очень значительны. Такъ, растенія производятъ мало теплоты и механической работы въ формѣ движенія массъ; у животныхъ же послѣднія составляютъ главную часть отправленій.

Значительное затрудненіе естественно-научному разсмотрѣнію жизненныхъ явленій представляютъ психическіе процессы. Мы не можемъ обойти ихъ молчаніемъ въ курсѣ физіологіи, разсматривающемъ всѣ процессы, происходящіе въ организмахъ. Когда свѣтовые лучи, падающіе въ нашъ глазъ, вызываютъ рядомъ съ другими физіологическими дѣйствіями (см. гл. 11, § 11) и ощущеніе свѣта со всѣми, вытекающими отсюда слѣдствіями, сознаніемъ видѣнія, воспріятіемъ предметовъ и т. д., то должно признать, чтобы не насиловать языка, и эти процессы тоже отправленіями организма. Однако, мы не въ состояніи отнести ихъ къ какой-либо изъ извѣстныхъ намъ формъ энергіи, къ которой находилъ бы себѣ приложеніе законъ сохраненія силы. При ихъ возникновеніи не потребляется никакой измѣримой энергіи; они не образуютъ также никакого измѣримаго количества кинетической энергіи, которая могла бы какимъ бы то ни было образомъ дѣйствовать на матерію или эфиръ и приводить ихъ въ движеніе. На этомъ основаніи мы исключаемъ этотъ видъ отправленій изъ нашего теперешняго разсмотрѣнія и предоставляемъ себѣ право возвратиться къ нимъ въ другомъ мѣстѣ.

2. Производство тепла. Производство тепла, какъ уже раньше отмѣчено, происходитъ, вѣроятно, постоянно во всякой живой протоплазмѣ; доказать же его можно только тогда, когда въ результатѣ получается измѣримое повышеніе температуры. Это зависитъ только отъ отношенія образующейся теплоты къ теплотѣ, отдаваемой окружающему пространству. Отдача происходитъ проведеніемъ, излученіемъ и (для частей организмовъ, находящихся въ воздухѣ) испареніемъ воды. Отдача увеличивается съ величиною поверхности; производство, при равенствѣ всѣхъ другихъ условій, съ массой живого вещества. Поэтому отношеніе производства тепла къ отдачѣ его тѣмъ неблагопріятнѣе для замѣтнаго, открываемаго термометромъ повышенія температуры, чѣмъ меньше масса живого организма по сравненію съ его поверхностью. Этимъ объясняется, почему у мельчайшихъ, только подъ микроскопомъ видимыхъ организмовъ образованіе тепла экспериментально можетъ быть доказано только тамъ, гдѣ большія количества ихъ скучены въ небольшомъ пространствѣ, въ другихъ же случаяхъ мы заключаемъ о немъ только по аналогіи съ болѣе крупными организмами. Даже у малыхъ, но уже хорошо видимыхъ простымъ глазомъ организмовъ, доказать его очень трудно и возможно только съ особенно чувствительными вспомогательными средствами. Такъ напр., Нобили помѣщалъ насѣкомыхъ въ небольшую воздушную камеру, находившуюся на одной сторонѣ построеннаго имъ термостолбика, подобная же камера, находившаяся на другой сторонѣ столбика, оставалась пустой; въ такихъ случаяхъ на первой сторонѣ наблюдалось ясно замѣтное нагрѣваніе. Во многихъ случаяхъ удается дать доказательство и съ менѣе точными инструментами, если возможно много индивидуумовъ одного и того же вида помѣстить въ небольшое пространство, причемъ масса живого вещества, производящаго тепло, повышается, отдача же тепла увеличивается относительно немного. Въ пчелиномъ ульѣ, напр., пчелы зимой собираются въ плотную кучу. Термометръ, опущенный въ середину ихъ, повышается тогда на нѣсколько градусовъ выше

температуры воздуха окружающаго пространства. То же самое наблюдается и на термометрѣ, окруженномъ сѣменами злаковъ, горохомъ и т. п. Въ большихъ кучахъ прорастающаго ячменя, какія устраиваются для приготовленія солода (ср. гл. 17, § 10), повышеніе температуры можетъ быть настолько значительно, что куча сильно разогрѣвается, что отчасти должно быть отнесено на счетъ примѣшанныхъ грибковъ. Должно также обратить вниманіе, что производство тепла особенно повышается вслѣдствіе энергичныхъ химическихъ превращеній, происходящихъ при прорастаніи. То же самое относится и къ цвѣтамъ явнобрачныхъ растеній, и если строеніе цвѣтка не особенно благопріятствуетъ отдачѣ тепла, то можно повышеніе температуры замѣтить на термометрѣ, непосредственно введенномъ въ цвѣтокъ. Такъ, Дютроше нашелъ, что у цвѣтка Arum maculatum повышеніе температуры достигаетъ до 10°. Губертъ и Броньяръ видѣли даже повышеніе температуры на 22 — 25° выше температуры окружающаго воздуха, первый у цвѣтовъ Arum cardifolium, второй у цвѣтовъ Colocasia odora.

Въ другихъ частяхъ растенія, несмотря на существующее теплопроизводство, замѣчаются незначительныя повышенія температуры, такъ какъ теплоотдача слишкомъ значительна. Послѣдняя, вслѣдствіе испаренія воды, можетъ нерѣдко даже превышать нагрѣваніе, такъ что живущее растеніе можетъ быть холоднѣе окружающаго пространства. Иногда встрѣчается это и у животныхъ, особенно у такихъ, у которыхъ влажная поверхность, вслѣдствіе испаренія воды, даетъ поводъ къ большимъ тепловымъ потерямъ. Если помѣстить, напр., лягушку въ теплое пространство съ сухимъ воздухомъ, то ея температура остается въ теченіе многихъ часовъ ниже окружающаго воздуха, несмотря на то, что она и при этихъ условіяхъ продолжаетъ постоянно производить тепло.

Доказать образованіе тепла, конечно, особенно трудно въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ экзотермическіе процессы затемняются одновременно протекающими эндотермическими, какъ это можетъ имѣть мѣсто у зеленыхъ растеній, рѣже у животныхъ. Напротивъ, у безхлорофиллыхъ растеній, жизненные процессы которыхъ, какъ уже указано въ предшествующей главѣ, протекаютъ экзотермически, наблюдаются обыкновенно очень значительныя повышенія температуры въ случаяхъ, когда скопляются значительныя количества ихъ. Наиболѣе извѣстными примѣрами этого можетъ служить разогрѣваніе свѣжаго навоза или разлагающейся листвы, что, какъ извѣстно, находитъ примѣненіе въ садоводствѣ съ цѣлью нагрѣванія парниковъ; можно указать также на сильное нагрѣваніе кучъ свѣжескошеннаго сѣна, могущее вести иногда даже къ самовозгоранію.

3. Регулированіе тепла. Мы можемъ считать за рѣшенное, что жизненные процессы, протекающіе въ протоплазмѣ, связаны съ образованіемъ тепла, насколько эти процессы сопровождаются окисленіемъ, что, повидимому, всегда имѣетъ мѣсто. Но только у такъ называемыхъ теплокровныхъ животныхъ теплообразовательные процессы настолько энергичны и въ то же время условія для теплоотдачи настолько ограничены, что тѣло животнаго продолжительно можетъ удерживать «собственную температуру», значительно превышающую температуру окружающаго воздуха. Вмѣстѣ съ тѣмъ мы находимъ у этихъ животныхъ приспособленія, благодаря которымъ теплоотдача и въ извѣстной степени теплопроизводство приспособлены къ потерямъ тепла, такъ что «собственная температура» этихъ животныхъ, даже при большихъ колебаніяхъ окружающей температуры, обыкновенно колеблется только въ узкихъ предѣлахъ. Поэтому мы называемъ такихъ животныхъ гомойотермическими или животными съ постоянной собственной температурой, всѣхъ же другихъ животныхъ (мы можемъ причислить сюда и всѣ растенія) мы объединяемъ подъ именемъ животныхъ съ измѣнчивою собственною температурою или пойкилотермовъ.

Гомойотермическими животными въ строгомъ смыслѣ слова являются только млекопитающія и птицы; хотя всѣ другія животныя могутъ при извѣстныхъ условіяхъ принимать столь же высокую температуру или даже болѣе высокую, но только у первыхъ температура при различныхъ внѣшнихъ условіяхъ остается приблизительно постоянной.

Собственная температура у отдѣльныхъ родовъ и видовъ колеблется между 37° и 41°, но для каждаго отдѣльнаго индивидуума, при нормальныхъ условіяхъ, она обыкновенно заключена въ болѣе узкіе предѣлы. Способностью удерживать собственную температуру почти постоянной даже при значительныхъ колебаніяхъ внѣшней температуры, способностью, обозначаемою нами «теплорегуляціей», эти животныя обязаны особеннымъ приспособленіямъ. Послѣднія до сихъ поръ исключительно изслѣдовались у млекопитающихъ животныхъ. Отправленія ихъ состоятъ преимущественно въ регулированіи теплоотдачи кожею. Въ случаѣ высокой внѣшней температуры кожные сосуды расширяются, черезъ кожу протекаетъ больше крови и, несмотря на незначительную температурную разницу между животнымъ и средою *), можетъ быть отдано столько тепла, что собственная температура повышается незначительно. Къ этому присоединяется еще у животныхъ, живущихъ на воздухѣ, усиленная отдача тепла вслѣдствіе испаренія воды. Обратно, при очень низкой температурѣ среды, вслѣдствіе суженія кожныхъ сосудовъ и уменьшенія испаренія воды затрудняется слишкомъ большая потеря тепла.

Вышеуказанныя измѣненія въ кожѣ регулируются нервной системой. Непосредственное вліяніе нервной системы на теплопроизводство много разъ утверждалось, но до сихъ поръ не могло быть точно доказано. Но несомнѣнно играютъ роль измѣненія въ теплопроизводствѣ, когда дѣло идетъ о томъ, чтобы удержать собственную температуру на приблизительно одинаковой высотѣ въ теченіе долгаго времени при сильно отличающейся внѣшней температурѣ. Гомойотермическія животныя, постоянно живущія въ арктическихъ странахъ, кромѣ того, обыкновенно защищены отъ слишкомъ большихъ потерь тепла густыми волосами, сильно развитою подкожною жировою клѣтчаткою, сжатымъ тѣлосложеніемъ, дѣлающимъ поверхность относительно всей массы меньшею. Они употребляютъ также относительно большее количество пищи и такимъ образомъ производятъ много тепла. Люди и животныя, могущія выдерживать температурныя измѣненія въ широкихъ предѣлахъ, въ холодныхъ странахъ потребляютъ больше пищи и предпочтительно такой, которая отличается большой теплотой сгоранія, а именно жиры.

Средства регулировать тепло дѣйствительны только въ извѣстныхъ границахъ. Они тѣмъ скорѣе отказываются служить при болѣе низкой температурѣ среды, чѣмъ меньше животное. Поэтому, среди гомойотермическихъ животныхъ, самыя малыя являются жителями жаркихъ поясовъ. Небольшія млекопитающія животныя, какъ, напр., столь часто употребляемый для физіологическихъ опытовъ кроликъ, не вполнѣ заслуживаютъ названіе гомойотермическихъ животныхъ только въ незначительной степени, такъ какъ ихъ собственная температура можетъ колебаться на много градусовъ. Еще легче отказывается служить регуляція у животныхъ, подверженныхъ такъ называемой зимней спячкѣ; они при низкой температурѣ окружающей среды сильно охлаждаются и тогда имѣютъ температуру, лишь немногимъ превышающую температуру окружающей среды.

Весьма часто называютъ гомойотермическихъ животныхъ, вслѣдствіе того, что ихъ температура обыкновенно превышаетъ **) температуру окружающей среды, также теплокровными или животными съ теплою кровью, всѣхъ же остальныхъ холоднокровными. Это обозначеніе беретъ свое начало еще отъ того времени, когда думали, что тепло образуется въ крови; теперь же мы знаемъ, что мѣсто теплопроизводства нужно искать во всѣхъ тканяхъ, что въ каждой изъ нихъ тѣмъ больше освобождается тепла, чѣмъ живѣе протекаютъ въ ней химическіе процессы, и что въ крови это происходитъ въ очень незначительной степени. Съ другой стороны при извѣстныхъ условіяхъ тѣло «холоднокровнаго» можетъ принять болѣе высокую температуру, чѣмъ это свойственно обыкновенно теплокровнымъ.

*) По закону излученія Ньютона (см. гл. 3, § 9) отдача тепла должна быть прямо пропорціональна этой температурной разницѣ. Если бы температура кожи сама не измѣнялась вслѣдствіе регулирующихъ приспособленій, то животное должно было бы въ средѣ съ болѣе высокой температурой отдавать мало, а въ средѣ съ низкой температурой много тепла.

**) Въ очень горячемъ, сухомъ воздухѣ, въ которомъ испареніе воды происходитъ безпрепятственно, человѣческое тѣло можетъ сдѣлаться холоднѣе воздуха. Такъ, Веньямипъ Франклинъ наблюдалъ во Флоридѣ, что термометръ, показывавшій температуру воздуха выше 40°, падалъ, какъ только онъ прикладывалъ его къ своей груди.

Дальнѣйшимъ изъ условій тепл отдачи легко понимаемымъ фактомъ является, то что гомойотермическія животныя по отношенію къ ихъ массѣ тѣла тѣмъ больше образуютъ тепла, чѣмъ меньше ихъ масса. Чтобы это могло быть, необходимо, чтобы обмѣнъ у нихъ происходилъ живѣе. Поэтому они принимаютъ относительно больше пищи, вдыхаютъ больше кислорода и выдыхаютъ больше углекислоты. Разсмотримъ для примѣра двухъ индивидуумовъ одного и того же вида, но не одинаковаго вѣса, скажемъ, полувзрослаго человѣка въ 35 к. и взрослаго въ 70 к.; при этомъ обнаружится, что первый потребляетъ пищи, вдыхаетъ кислорода и выдыхаетъ углекислоты **больше, чѣмъ половину** по сравненію со взрослымъ. Обмѣнъ у него происходитъ оживленнѣе; поэтому онъ въ состояніи удерживать одинаковую температуру, несмотря на то, что вслѣдствіе относительно большей поверхности онъ теряетъ бо́льшее количество производимой имъ теплоты.

Ни теплопроизводство, ни потеря тепла не происходятъ у гомойотермическихъ животныхъ настолько равномѣрно, чтобы не могло возникать небольшихъ колебаній въ ихъ температурѣ. Еще больше имѣетъ это мѣсто у пойкилотермическихъ животныхъ. Именно мышечная дѣятельность постоянно сопровождается большимъ теплопроизводствомъ, объ этомъ рѣчь будетъ въ слѣдующемъ параграфѣ. Поэтому животныя при мышечной дѣятельности иногда значительно перегрѣваются. Но эти температурныя повышенія обыкновенно быстро выравниваются по прекращеніи работы. Такимъ же образомъ въ случаяхъ большихъ потерь тепла паденіе температуры тѣла можетъ выравняться вслѣдствіе усиленнаго теплопроизводства.

Если температура тѣла повышается, то всѣ химическіе процессы дѣлаются живѣе, усиливается обмѣнъ веществъ, принимается больше кислорода, выдѣляется больше углекислоты, тѣло больше теряетъ изъ своего состава. У пойкилотермическихъ животныхъ это дѣйствіе легко можетъ быть вызвано повышеніемъ температуры среды, у гомойотермическихъ это труднѣе, такъ какъ у нихъ, вслѣдствіе регуляторныхъ приспособленій, температура тѣла колеблется въ узкихъ предѣлахъ.

4. Движеніе массъ. Движенія массъ, происходящія въ организмахъ, отчасти могутъ быть распознаны лишь микроскопически. Они совершаются или внутри покоящихся образованій или ведутъ къ измѣненію формы организмовъ, могущему дать также поводъ къ перемѣнѣ мѣста цѣлымъ организмомъ. Механическое движеніе можетъ появиться подъ вліяніемъ силъ, дѣйствующихъ на организмъ извнѣ, или же оно происходитъ вслѣдствіе внутренней энергіи, освобождающейся въ самихъ организмахъ. Къ первому классу принадлежитъ, напр., поднятіе воды въ растеніяхъ вслѣдствіе испаренія, къ послѣднему движеніе соковъ, вызываемое давленіемъ въ корняхъ (ср. гл. 15, § 11). Движеніе это, по всей вѣроятности, сводится къ осмотическому дѣйствію, происходящему въ растительныхъ клѣткахъ; и въ животномъ организмѣ нѣкоторыя движенія жидкостей обусловливаются вѣроятно имъ же, какъ, напр., выдѣленіе секретовъ железистыми клѣтками.

Вслѣдствіе передвиженія жидкостей и плотныхъ тѣлъ внутри какого-нибудь организованнаго образованія происходятъ измѣненія формы на подобіе того, что мы видимъ, напр., при образованіи наполненнаго жидкостью пузыря послѣ ожога. Если въ какомъ-нибудь мѣстѣ продолжительно накопляется масса и влечетъ за собою увеличеніе и размноженіе клѣтокъ, то происходитъ длительное измѣненіе формы, какъ слѣдствіе **роста**. Такимъ образомъ появляются на растеніяхъ листья, вѣтви и т. д. Если въ какомъ-нибудь образованіи происходитъ односторонній ростъ, то появляются искривленія. Эти измѣненія формы совершаются обыкновенно медленно. Но и быстрыя измѣненія внѣшняго вида могутъ происходить вслѣдствіе выхожденія изъ клѣтокъ жидкости; такъ какъ при этомъ **тургоръ** (см. гл. 7, § 8) ихъ уменьшается, то они поддаются давленію другихъ частей, или сильнѣе напряженныхъ или дѣйствующихъ своею тяжестью. О движеніяхъ этого рода, являющихся слѣдствіемъ раздраженій, рѣчь будетъ въ слѣдующей главѣ.

Главнѣйшей причиной движеній является, однако, **сократимость**; съ ней, какъ съ общимъ свойствомъ живой протоплазмы, мы имѣли случай познакомиться у амебы (см

гл. 12, § 4, и гл. 13, § 6—8). Сократимость въ своихъ разнообразныхъ проявленіяхъ въ видѣ движенія рѣсничекъ или жгутиковъ, а особенно въ своей наиболѣе выраженной формѣ въ видѣ мышечнаго движенія образуетъ одно изъ самыхъ замѣчательныхъ свойствъ живого вещества.

При микроскопическомъ изслѣдованіи живыхъ образованій движенія, наблюдаемыя на маленькихъ зернышкахъ, часто встрѣчающихся въ вакуоляхъ, легко могутъ ввести въ заблужденіе. Должно остерегаться отъ смѣшенія подобныхъ движеній, вызываемыхъ не внутренними силами живыхъ тѣлъ, но происходящихъ чисто случайно вслѣдствіе передачи внѣшнихъ толчковъ или теченій, съ дѣйствительными движеніями протоплазмы. Маленькія тѣльца, плавающія въ жидкости, при достаточномъ увеличеніи показываютъ родъ дрожательнаго движенія. Пути, проходимые частичками, очень малы, но вслѣдствіе увеличенія представляются подъ микроскопомъ значительными. Внутри живыхъ клѣтокъ это движеніе нерѣдко обнаруживается на зернышкахъ, находящихся въ вакуоляхъ, наполненныхъ прозрачною жидкостью, въ то время, какъ подобныя же зернышки въ вязкой протоплазмѣ или остаются спокойными или же, если протоплазма совершаетъ движеніе, принимаютъ въ немъ участіе. Видящій это явленіе въ первый разъ легко склоняется разсматривать его за жизненный процессъ, зернышки какъ-будто обладаютъ способностью самопроизвольнаго движенія. Однако, дальнѣйшія наблюденія показываютъ, что и мертвыя тѣльца, какъ напр. зернышки китайской туши, тонко распредѣленныя въ водѣ, обнаруживаютъ тотъ же родъ движенія. Такимъ образомъ пришли къ заключенію, что здѣсь дѣло идетъ о чисто пассивныхъ движеніяхъ, о дѣйствіи токовъ жидкостей, вызываемыхъ неизбѣжными сотрясеніями микроскопа, различіемъ температуры или испареніемъ на различныхъ мѣстахъ, вообще какими-либо подобнаго рода причинами.

Это движеніе, какъ наблюдаемое только на очень маленькихъ зернышкахъ, называютъ молекулярнымъ или также Броуновскимъ въ честь уже ранѣе упоминавшагося англійскаго микроскописта Роберта Броуна. Не всегда легко отличить Броуновское движеніе отъ настоящихъ собственныхъ движеній очень малыхъ живыхъ частей, а именно отъ такъ называемаго протоплазматическаго движенія, о которомъ мы будемъ сейчасъ говорить. Должно обращать вниманіе, всегда ли другъ подлѣ друга лежащія частички двигаются одновременно въ одномъ и томъ же направленіи, происходитъ ли движеніе равномѣрно ритмически и т. д.

5. Движеніе протоплазмы. Настоящее собственное движеніе живой матеріи, какъ мы наблюдали его у амебъ или у подобныхъ имъ организмовъ, обнаруживаетъ опредѣленныя характерныя явленія, легко снова распознаваемыя, разъ они были нѣсколько разъ замѣчены. Въ сомнительныхъ случаяхъ рѣшеніе обыкновенно дѣлается возможнымъ благодаря тому, что настоящія жизненныя движенія, во-первыхъ, появляются только при раздраженіи или имъ измѣняются и, во-вторыхъ, всѣ вліянія, о которыхъ мы знаемъ, что они подавляютъ жизнь, останавливаютъ движенія на продолжительное время.

Движенія протоплазмы совершаются у всѣхъ живыхъ организмовъ, какъ у растительныхъ, такъ и у животныхъ; рѣснитчатое и жгутиковое движеніе наблюдается также у тѣхъ и у другихъ; у растительныхъ образованій, впрочемъ, рѣже и по большей части только у молодыхъ формъ или у клѣтокъ, обусловливающихъ размноженіе. До сихъ поръ ни у одного растенія не найдено настоящихъ мышцъ; послѣднія должны считаться какъ видоизмѣненіе сократительнаго вещества, исключительно свойственное животнымъ.

Если движеніе протоплазмы происходитъ внутри замкнутыхъ, окруженныхъ плотными оболочками пространствъ, какъ это чаще имѣетъ мѣсто у растительныхъ клѣтокъ, то оно, естественно, не можетъ вызвать движенія всего клѣточнаго образованія. Значеніе его, повидимому, заключается въ томъ, что оно равномѣрно распредѣляетъ вещества внутри клѣтокъ и такимъ образомъ поддерживаетъ и ускоряетъ обмѣнъ веществъ внутри ихъ. Поэтому эти движенія нерѣдко наблюдаются въ клѣткахъ съ удлиненной формой, какъ, напр., въ представленной на рис. 52, стр. 208, Caulerpa *), далѣе въ клѣткахъ лучицъ (Chara), въ волоскахъ тычинокъ Tradescantia и др. Тамъ, гдѣ протоплазма облекаетъ, въ видѣ тон-

*) Тонкія линіи на этомъ рисункѣ обозначаютъ направленія, по которымъ происходитъ токъ.

каго пристѣночнаго слоя, большое центральное вакуольное пространство, наблюдается ея передвиженіе вдоль стѣнокъ, что распознается по зернышкамъ, въ ней расположеннымъ. Отъ такого рода движенія, называемаго ротаціей, ботаники отличаютъ циркуляцію. Эта форма движенія происходитъ тамъ, гдѣ протоплазма находится и внутри клѣтокъ въ видѣ тяжей съ включенными въ нихъ большей или меньшей величины вакуолями, напр., клѣтки Tradescantia virginica, представленной на рис. 102. Зернышки двигаются въ пристѣночномъ слоѣ, а также въ тяжахъ по отдѣльнымъ замкнутымъ путямъ, такъ что въ одномъ и томъ же тяжѣ можно наблюдать два противоположныя теченія. При этомъ подобная полоска протоплазмы иногда дѣлится, а вмѣстѣ съ ней и идущія рядомъ противоположныя теченія; вѣтви снова сливаются съ другими, съ которыми онѣ сталкиваются. Такимъ образомъ постоянно мѣняется форма и толщина тяжей, а также мѣняетъ свое мѣсто и ядро, лежащее въ точкѣ схожденія тяжей.

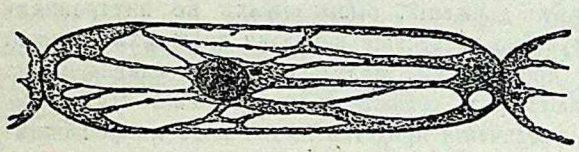


Рис. 102. Tradescantia virginica. Клѣтка изъ волоска тычинки. Протоплазма, расположенная въ видѣ тонкаго пристѣночнаго слоя и въ видѣ тяжей, находится въ постоянномъ движеніи, распознаваемомъ по передвиженію зернышокъ, въ ней расположенныхъ.

У голыхъ протоплазматическихъ массъ движеніе, какъ мы уже раньше указывали для амебъ, можетъ вести къ перемѣщенію всей массы. Подобное происходитъ и въ большихъ протоплазматическихъ массахъ миксомицетовъ, образовавшихся изъ сліянія отдѣльныхъ клѣтокъ (см. рис. 64, стр. 216). Теченіе происходитъ совершенно подобно описанному внутри клѣтокъ; протоплазматическіе отростки дѣлятся и соединяются снова. При этомъ направленіе теченія, а вмѣстѣ съ тѣмъ и передвиженіе всей массы можетъ мѣняться. Если это происходитъ съ протоплазмой, заключенной въ клѣточную оболочку, то наблюдаютъ временную остановку теченія, которое затѣмъ снова возникаетъ въ противоположномъ направленіи; у миксомицетовъ теченіе ни въ какомъ направленіи не встрѣчаетъ препятствій.

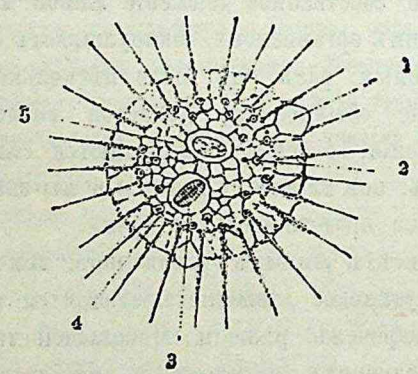


Рис. 103.
Actinosphaerium Eichhorni, солнечникъ изъ прѣсной воды; 1. Сократимая вакуоля; 2. Ядра; 3. Пищевыя тѣла; 4. Корковое вещество; 5. Сердцевинное вещество.

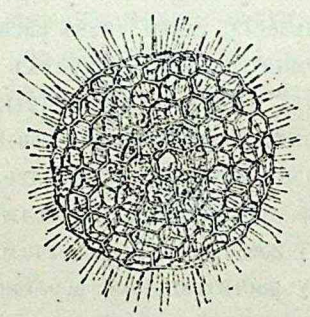


Рис. 104. Heliosphaera, радіолярія, живущая въ морѣ, снабженная кремневымъ скелетомъ, центральной капсулой и студенистой оболочкой. Выходящіе изъ протоплазмы центральной капсулы нѣжные псевдоподіи пробуравливаютъ студенистую оболочку и выходятъ за предѣлы ея.

Близко стоящіе въ амебамъ два отряда корненожекъ, названные зоологами солнечниками (Heliozoa) и радіолярія́ми, отличаются чрезвычайною тонкостью и нѣжностью своихъ псевдоподій. Въ качествѣ примѣровъ укажу на Actinosphaerium и Heliosphaera, изображенныхъ на рис. 103 и 104. У обоихъ тѣло имѣетъ видъ шара, псев-

доподіи выходятъ изъ него въ радіальномъ направленіи. Онѣ состоятъ, въ отличіе отъ чисто протоплазматическихъ псевдоподій амебъ, изъ тонкихъ неподвижныхъ осевыхъ нитей и тоже тонкой протоплазматической обложки. Въ послѣдней происходитъ движеніе зернышекъ, въ двухъ противоположныхъ направленіяхъ, въ одномъ—къ центру, въ другомъ—отъ центра. Явленія эти подобны тѣмъ, которыя наблюдаются при циркуляціонныхъ теченіяхъ въ растительныхъ клѣткахъ и въ бо́льшемъ масштабѣ у миксомицетовъ.

6. Перемѣщеніе. Перемѣщенія чаще всего совершаются при помощи мышцъ или жгутиковъ. Мощными жгутиками или рѣсничками являются лопасти ктенофоръ или гребневиковъ. Это—нѣжныя, состоящія изъ студенистаго основного вещества, грушевидной или овальной формы животныя, свободно живущія въ морѣ. Они принадлежатъ къ кишечнополостнымъ, самой низшей вѣтви многоклѣточныхъ животныхъ. Ихъ двигательный аппаратъ состоитъ изъ многочисленныхъ пластинокъ, расположенныхъ вдоль восьми меридіональныхъ симметричныхъ къ оси реберъ. Онѣ S-образно искривлены, исчерчены по длинѣ и могутъ

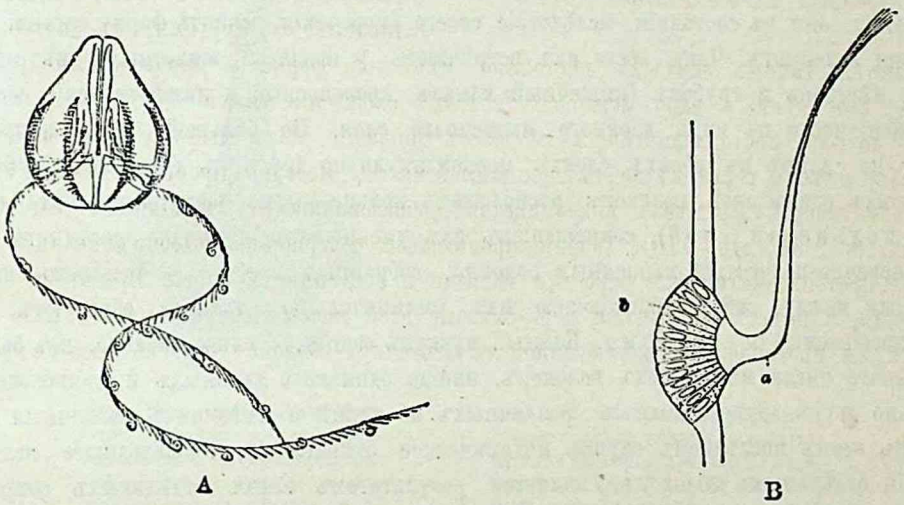


Рис. 105 *A* и *B*.

A. Hormiphora plumosa, гребневикъ, съ двумя силками и 8 усаженными пластинками ребрами.
B. Одна изъ пластинокъ, сидящихъ на ребрахъ гребневиковъ; *b* эпителіальная подушечка; *a*—пластинка. Исчерченность на концѣ указываетъ на образованіе ея изъ слившихся волосковъ.

быть разсматриваемы какъ длинныя, склеившіяся между собою рѣснички или жгутики. Въ то время какъ проксимальное, сильно выпуклое искривленіе при *a* (рис. 105 *B*). вслѣдствіе сокращенія волоконъ, выравнивается и пластинка выпрямляется, послѣдняя производитъ давленіе на воду, благодаря которому животное передвигается въ противоположномъ направленіи. Сокращеніе происходитъ въ пластинкахъ каждаго ряда правильной послѣдовательности, начинаясь съ самой крайней пластинки и пробѣгая волнообразно черезъ весь рядъ.

Своеобразное движеніе наблюдается у Desmidiaceae. Это одноклѣточныя водоросли разнообразной, часто причудливой формы, въ видѣ полумѣсяца, звѣздъ и т. п. Протоплазма, заключенная въ клѣточной оболочкѣ, выдѣляетъ черезъ отверстія оболочки слизистыя нити наружу, которыя, вслѣдствіе ихъ вязкости и липкости прикрѣпляются къ основѣ, и такимъ образомъ клѣтки отталкиваются въ противоположную сторону. Подобнаго рода движеніе, по нѣкоторымъ авторамъ, встрѣчается также и у діатомовыхъ. Протоплазматическое тѣло этихъ маленькихъ водорослей заключено въ двустворчатую капсулу, половинки которой, какъ у плоскихъ коробокъ съ надѣвающимися крышками, пригнаны другъ къ другу. По другимъ наблюдателямъ движеніе, однако, должно происходить благодаря псевдоподіямъ, выдвигающимся черезъ отверстія, расположенныя по длинѣ спайки створокъ.

Наивысшей степени развитія достигаетъ сократимость въ клѣткахъ, значительно вырастающихъ въ одномъ направленіи, причемъ сократимость ограничивается именно этимъ направленіемъ. Такимъ образомъ возникающія образованія мы называемъ мышечными волокнами, а сокращеніе ихъ—укороченіемъ.

Истинное, вполнѣ развитое мышечное волокно встрѣчается въ двухъ формахъ, какъ сократимая мышечная клѣтка и какъ мышечное волокно, возникшее изъ соединенія многихъ клѣтокъ, оставшихся связанными между собою по длинѣ. Такъ какъ въ послѣднемъ появляется еще дифференцированіе сократимаго вещества, такъ что обнаруживаются по длинѣ попеременно то болѣе свѣтлая, то болѣе темная окраска, то различаютъ поперечно-полосатую и гладкую мускулатуру.

О мышечныхъ волокнахъ мы уже говорили въ гл. 13, § 8. Вытянутыя въ длину, веретенообразныя клѣтки гладкой мускулатуры имѣютъ въ то же время вытянутое, палочкообразное ядро. Ихъ концы, по большей части, очень остры и иногда винтообразно извиты. Распредѣленныя въ другихъ тканяхъ или расположенныя болѣе или менѣе плотными слоями, они въ состояніи, вслѣдствіе своего укороченія, мѣнять форму органа, въ которомъ они залегаютъ. Чаще всего ихъ встрѣчаютъ у высшихъ животныхъ въ стѣнкахъ полостей, мѣшковъ и трубокъ (кишечный каналъ, кровеносные и лимфатическіе сосуды) и по большей части въ видѣ двойного мышечнаго слоя. По большей части направленіе волоконъ по длинѣ въ обоихъ слояхъ перпендикулярно другъ къ другу. Въ трубчатыхъ образованіяхъ одинъ слой волоконъ расположенъ кольцеобразно вокругъ просвѣта (отсюда названіе кольцевой слой), сокращеніемъ ихъ уменьшается діаметръ послѣдняго.

Поперечно-полосатыя мышечныя волокна, собранныя всегда въ большомъ числѣ и соединенныя между собою облекающею ихъ соединительною тканью, образуютъ особые органы, называемые мускулами. Каждый мускулъ состоитъ, слѣдовательно, изъ большаго или меньшаго числа мышечныхъ волоконъ, иногда одинаково длинныхъ и расположенныхъ параллельно другъ другу, чаще же различныхъ по длинѣ и имѣющихъ различныя направленія. Въ этомъ послѣднемъ случаѣ механическое отправленіе, происходящее вслѣдствіе сокращенія отдѣльныхъ волоконъ, является результатомъ всѣхъ отдѣльныхъ сокращеній въ одномъ извѣстномъ направленіи, въ которомъ мышца натянута между подвижными частями скелета. У позвоночныхъ животныхъ такими взаимноподвижными частями являются кости, у членистыхъ части наружнаго скелета. И у животныхъ, не имѣющихъ собственно никакого скелета, а только отдѣльныя, взаимно подвижныя образованія, послѣднія могутъ перемѣщаться по отношенію другъ къ другу благодаря натянутой между ними мускулатурѣ. У моллюсокъ, напримѣръ, обѣ раковины соединены между собою суставомъ. Тугая эластическая связка съ одной стороны сустава такъ натянута, что вслѣдствіе ея сокращенія уголъ между створкамъ увеличивается, замыкающій же мускулъ, прикрѣпленный обоими своими концами къ створками, прижимаетъ ихъ другъ къ другу. Нѣкоторыя поперечно-полосатыя мышцы соединены съ твердыми образованіями только однимъ концомъ, другимъ же съ мягкими частями, подобно тому, какъ мы видѣли это уже при гладкой мускулатурѣ. Это встрѣчается у животныхъ, какъ снабженныхъ скелетомъ, такъ и лишенныхъ его; у первыхъ, конечно, это имѣетъ мѣсто лишь для небольшого числа ихъ мышцъ. Въ такихъ случаяхъ дѣйствіе мышцъ состоитъ въ передвиженіи мягкихъ частей или, если онѣ окружаютъ полость, какъ, напр., сердце, то въ уменьшеніи объема и выжиманіи заключающихся въ нихъ массъ.

Насъ завело бы слишкомъ далеко, если бы мы стали разсматривать въ частностяхъ всѣ различныя движенія, производимыя животными путемъ мышечнаго сокращенія. Примѣры ихъ при случаѣ приводились уже раньше, въ остальномъ мы должны сослаться на частную физіологію, въ которой наиболѣе важныя формы этихъ движеній, въ родѣ ходьбы, бѣганья, прыганья, ползанія, летанія, плаванія, разсматриваются въ отдѣльности. Только для того, чтобы показать, какимъ образомъ могутъ происходить перемѣщенія, отличныя отъ движеній высшихъ

животныхъ, здѣсь могутъ быть приведены нѣкоторыя данныя на счетъ органовъ передвиженія морскихъ звѣздъ. Эти животныя принадлежатъ къ иглокожимъ, представляющимъ, за немногими исключеніями, пятилучевое строеніе. Они обладаютъ кожнымъ скелетомъ, образованнымъ изъ известковыхъ пластинокъ, части которыхъ по отношенію другъ къ другу или очень мало или у нѣкоторыхъ формъ почти совершенно неподвижны, а облекаютъ все тѣло въ видѣ панцыря *). Между двумя изъ пяти лучей, вблизи центра, находится ситообразно продырявленная мадрепоровая пластинка (см. рис. 106 и 107), отъ нея къ кольцевому каналу, окружающему ротъ, ведетъ каменистый каналъ. На кольцевомъ каналѣ сидятъ пять расширеній, Поліевы пузыри. Между ними отъ кольцевого канала отходятъ пять каналовъ, отдающихъ по два ряда боковыхъ каналовъ; на каждомъ канальцѣ сидитъ маленькій, заложенный внутри тѣла мѣшечекъ; каналецъ оканчивается «амбулакральной ножкой», выступающей за поверхность панцыря и оканчивающейся присоской. Все это очень похоже на гастро-васкулярную систему (ср. гл. 14 § 3). Но здѣсь эта система каналовъ развилась въ двигательный аппаратъ. Въ то время какъ вода всасывается отверстіями мадрепоровой пластинки и продавливается въ «ножки», послѣднія растягиваются; затѣмъ плотно прикрѣпляются

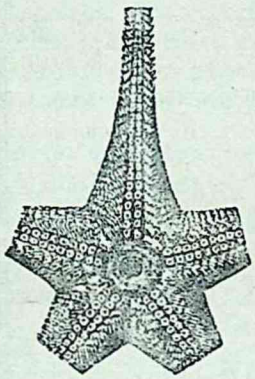


Рис. 106. Phytonaster Murrayi, морская звѣзда, представленная съ брюшной поверхности; руки представлены только отчасти. Видны амбулакральныя бороздки и выходящія изъ нихъ присоски ножекъ.

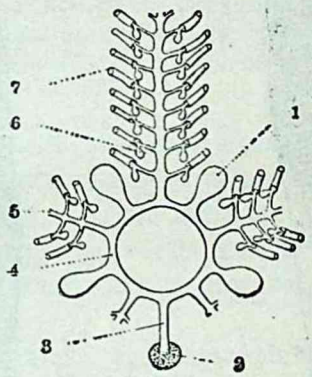


Рис. 107. Амбулакральная система морской звѣзды, схематически: 1) Поліевы пузыри; 2) Мадрепоровая пластинка; 3) Каменистый каналъ; 4) Кольцевой каналъ; 5) Амбулакральный каналъ; 6) Ампуллы ножекъ; 7) Ножки.

своими присосками ко дну, укорачиваются вслѣдствіе сокращенія заложенной въ нихъ мускулатуры и передвигаютъ все тѣло. Такимъ образомъ, морская звѣзда можетъ передвигаться ползучимъ движеніемъ въ пяти направленіяхъ. Если положить ее на «спину», т.-е на поверхность, противоположную ножкамъ и при передвиженіи являющуюся верхней, то она до тѣхъ поръ вращаетъ своими «руками», пока не найдетъ плотнаго предмета, къ которому она могла бы прикрѣпиться присосками; тогда ей удается перевернуться.

7. Свойства поперечно-полосатыхъ мышцъ. Наши свѣдѣнія о физическихъ свойствахъ мышцъ получены почти исключительно путемъ изслѣдованія поперечно-полосатой мускулатуры. Особенно пригодны для опытовъ мышцы холоднокровныхъ животныхъ, такъ какъ онѣ въ изолированномъ состояніи еще долго сохраняютъ свои жизненныя свойства.

Въ то время, какъ гладкія мышечныя волокна сохраняютъ форму и значеніе отдѣльныхъ клѣтокъ, длинныя поперечно-полосатыя волокна возникаютъ, какъ уже упомянуто, путемъ дѣленія клѣтокъ. Иногда, какъ напр. на мышцахъ сердца клѣточныя границы остаются видимыми. У большинства же поперечно-полосатыхъ мышцъ волокна, расположенныя другъ за другомъ по длинѣ, такъ спаиваются между собою концами, что возни-

*) У одного класса иглокожихъ, у голотурій, кожный скелетъ находится только въ рудиментарной формѣ. У большинства покровъ снаженъ иглами; отсюда и ихъ названіе эхинодермы, т.-е. иглокожія.

каетъ волокно, по виду подобное клѣткѣ; только ядра, раздѣленныя правильными промежутками и окруженныя остатками протоплазмы, не вполнѣ превратившейся въ сократимое мышечное вещество, указываютъ на возникновеніе его путемъ дѣленія. Подобныя волокна могутъ достигать нѣсколькихъ сантиметровъ въ длину. Нѣсколько волоконъ могутъ своими заостренными концами такъ слиться между собою, что образуютъ вмѣстѣ волокна еще большей длины.

Каждое мышечное волокно позвоночныхъ животныхъ окружено очень прочной, безструктурной оболочкой—*сарколеммой* или *мышечнымъ влагалищемъ*; на концахъ

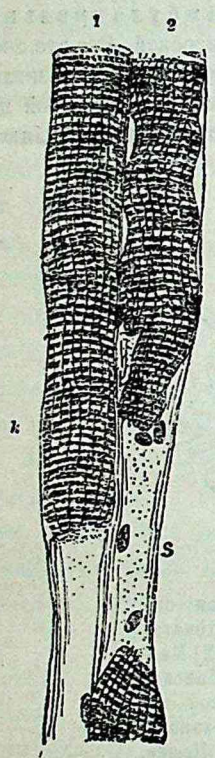


Рис. 108. Два поперечнополосатыя мышечныя волокна. На волокнѣ 1 видны конецъ его и примыкающее къ нему сухожиліе; у *k* видно ядро. Волокно 2 раздавлено; у *s* виденъ пустой сарколеммный мѣшокъ, съ лежащими въ немъ ядрами.

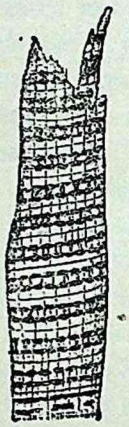


Рис. 109. Кусокъ искусственно окрашеннаго мышечнаго волокна при сильномъ увеличеніи (1000 : 1). Темная поперечная исчерченность распалась на двѣ части; въ однопреломляющемъ свѣтломъ веществѣ видна еще нѣжная, двоякопреломляющая темная полоса. Кромѣ того волокно представляетъ еще продольную полосатость, такъ что оно кажется состоящимъ изъ большого числа правильно расположенныхъ призматическихъ частичекъ.

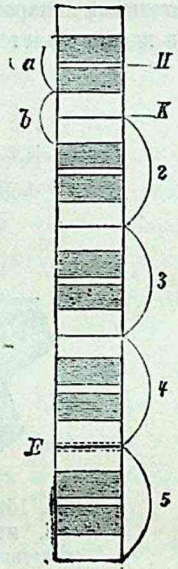


Рис. 110. Схема мышечной фибрилли (волоконца). *a* – двояко-преломляющее; *b* – однопреломляющее вещество; *H* — срединный дискъ, раздѣляющій темную поперечную полосатость на двѣ отдѣльныхъ части; *K*—поперечная линія, раздѣляющая элементарныя частички волоконца. Числа обозначаютъ отдѣльную элементарную частичку. При *E*—побочные диски Энгельманна, лежащіе по сторонамъ линіи *K*.

послѣдняго прикрѣпляются соединительнотканныя волокна, перемѣшанныя съ эластическими. Они образуютъ *сухожилья*, при помощи которыхъ мышцы прикрѣпляются къ другимъ образованіямъ, особенно къ костямъ. Сократимое вещество, одѣтое сарколеммой, перпендикулярно длинѣ волокна поперемѣнно обнаруживаетъ свѣтлую и темную исчерченность. Отсюда и названіе *поперечнополосатое* мышечное волокно. Рис. 108 представляетъ видъ такого волокна, какъ оно представляется при среднемъ увеличеніи.

Если изслѣдовать мышечное волокно въ поляризованномъ свѣтѣ, то обнаруживается, что мѣста, представляющія при обыкновенномъ свѣтѣ свѣтлую поперечную исчерченность, *однопреломляющи*; темная же исчерченность *двоякопреломляюща*. Болѣе сильное увеличеніе показываетъ далѣе, что каждая темная полоса состоитъ изъ двухъ частей, отдѣленныхъ другъ отъ друга однопреломляющимъ веществомъ и что въ однопреломляющемъ слоѣ находится еще тонкая темная полоса; срав. рис. 109.

Дѣйствіемъ различныхъ реактивовъ возможно содержимое мышечнаго волокна раздѣлить по длинѣ на очень тонкія волоконца, фибрилли. Нѣкоторыя мышечныя волокна, какъ напр. у насѣкомыхъ, распадаются легко сами по себѣ на фибрилли. На каждомъ волоконцѣ можно еще распознать правильное чередованіе свѣтлыхъ и темныхъ полосъ, какъ и на цѣломъ мышечномъ волокнѣ. Труднѣе расчленить мышечное волокно въ поперечномъ направленіи. Тамъ, гдѣ это удается, тамъ раздѣленіе происходитъ всегда у тонкой линіи, раздѣляющей свѣтлое вещество на двѣ половины (ср. рис. 109). Мы можемъ, слѣдовательно, какъ результатъ всѣхъ этихъ изслѣдованій, высказать взглядъ, что цѣлое мышечное волокно состоитъ изъ большого числа маленькихъ призматическихъ частичекъ. Эти частички въ плоскостномъ изображеніи на рис. 109 видны въ видѣ четыреугольныхъ полей. Соединеніемъ этихъ частичекъ другъ съ другомъ по длинѣ образуется волоконце, строеніе его наглядно изображено на схематическомъ рисункѣ 110; соединеніемъ этихъ волоконецъ образуется мышечное волокно.

Если этотъ взглядъ правиленъ, то каждая изъ маленькихъ призматическихъ частичекъ, лежащая между каждыми двумя тонкими темными полосами, раздѣляющими на двѣ половины свѣтлое вещество, содержитъ уже въ себѣ всѣ элементы цѣлаго мышечнаго волокна, и все волокно, какъ цѣлое, можетъ быть разсматриваемо состоящимъ изъ этихъ маленькихъ, правильно расположенныхъ частичекъ. При сокращеніи каждая изъ этихъ частичекъ дѣлается короче и въ то же время толще; сумма этихъ измѣненій формы производитъ то, что мы воспринимаемъ въ видѣ измѣненія формы цѣлаго волокна, а тамъ, гдѣ много волоконъ соединено въ мускулы, въ видѣ измѣненія формы цѣлаго мускула *).

Мышцы живого организма сокращаются подъ вліяніемъ нервной системы; точно такія же сокращенія можно вызвать въ вырѣзанныхъ мышцахъ посредствомъ раздраженія. Если укрѣпить неподвижно одинъ конецъ мышцы, а другой соединить съ какимъ-нибудь рычагомъ, который приводился бы въ движеніе при сокращеніи мышцы на подобіе кости въ животномъ организмѣ, то можно весьма удобно изслѣдовать процессъ сокращенія и вліяніе на него различныхъ посторонніхъ обстоятельствъ.

Если привѣсить къ мышцѣ гирьку, то послѣдняя, при сокращеніи мышцы, приподнимается. Такимъ образомъ мышца, благодаря своему свойству сокращаться, въ состояніи производить работу. Поэтому мы называемъ состояніе сокращенія дѣятельностью мышцы и различаемъ его отъ состоянія покоя, когда мышца не укорочена. Мышца, вырѣзанная изъ тѣла животнаго, подъ вліяніемъ внѣшняго раздраженія, изъ состоянія покоя переходитъ въ дѣятельность, что продолжается только до тѣхъ поръ, пока дѣйствуетъ раздраженіе. Самымъ энергичнымъ раздражителемъ оказывается кратковременный электрическій разрядъ, который легко получить посредствомъ индуктивныхъ приборовъ. Сокращеніе мышцъ, вызываемое такимъ раздраженіемъ, продолжается весьма недолго; оно называется одиночнымъ сокращеніемъ. Если раздраженія слѣдуютъ одно за другимъ съ извѣстными, но не особенно длинными промежутками, то мышца во все время раздраженія остается равномѣрно укороченной. Послѣдняя форма мышечной дѣятельности называется столбнякомъ (тетанусомъ).

Въ зависимости отъ длины мышечныхъ волоконъ, отъ толщины самой мышцы и отъ величины груза, привѣшеннаго къ ней, мѣняется количество дѣйствія, проявляющееся при данномъ одиночномъ сокращеніи мышцы *). Но для всякой мышцы высота подъема

---

*) Гладкія мышечныя волокна въ поляризованномъ свѣтѣ представляются однородными двоякопреломляющими. Въ то время какъ въ поперечно-полосатыхъ волокнахъ одно- и двупреломляющее вещества, имѣютъ указанное правильное расположеніе, у гладкихъ мышечныхъ волоконъ, повидимому, двоякопреломляющее вещество болѣе равномѣрно распредѣлено среди однопреломляющаго. Такимъ образомъ, поперечно-полосатыя мышцы представляютъ высшую степень дифференцированія сократимаго вещества.

*) Толщина мышцы зависитъ отъ количества находящихся въ ней волоконъ; толщина послѣднихъ колеблется лишь въ ограниченныхъ предѣлахъ. На количество дѣйствія вліяетъ также сила раздраженія. При извѣстной силѣ раздраженія получается наибольшее количество дѣйствія, которое уже не можетъ быть превзойдено. Въ нижеслѣдующемъ изложеніи предполагается вездѣ наивысшее раздраженіе. О раздраженіи сравн. слѣдующую главу.

уменьшается по мѣрѣ увеличенія груза, и, наконецъ, при извѣстной тяжести она равняется нулю. Произведеніе высоты подъема на величину тяжести представляетъ собою работу, производимую мышцей при сокращеніи. Эта работа должна равняться количеству затраченной энергіи въ мышцѣ. Не подлежитъ никакому сомнѣнію, что возбудителями кинетической энергіи въ мышцѣ являются совершающіеся въ ней химическіе процессы. Вырѣзанныя мышцы измѣняются химически при своей дѣятельности. Еще нагляднѣе проявляется эта зависимость между мышечной работой и химическими процессами при сравнительныхъ изслѣдованіяхъ веществеинаго обмѣна у людей и животныхъ во время покоя и послѣ усиленныхъ мышечныхъ движеній. Именно вслѣдствіе мышечной работы значительно повышается выдѣленіе углекислоты. Итакъ, способность производить работу является въ мышцахъ точно такъ же, какъ и въ паровыхъ машинахъ, слѣдствіемъ перехода потенціальной энергіи химическихъ соединеній въ кинетическую энергію. Какъ и въ паровыхъ машинахъ, такъ и въ мышцахъ, одновременно съ механическою работою развивается теплота. Работающія мышцы согрѣваются. Весьма вѣроятно, что въ послѣднемъ случаѣ оба рода кинетической энергіи возникаютъ независимо другъ отъ друга, между тѣмъ какъ въ паровыхъ машинахъ сначала образуется теплота, часть которой впослѣдствіи переходитъ въ механическую работу (сравн. главу 17, § 6).

8. Утомленіе и отдыхъ. Если составныя части мышцы, окисляясь, служатъ источникомъ работы, то и обратно мышечная работа должна имѣть своимъ слѣдствіемъ потерю этихъ составныхъ частей. Въ живыхъ организмахъ эта потеря возмѣщается извнѣ, у высшихъ животныхъ при посредствѣ крови. Но еще долго до полнаго истощенія запаса этихъ тѣлъ какъ вырѣзанная, такъ и нормальная мышца живого организма дѣлаются неспособными къ дальнѣйшей работѣ. Доказано, что эта неспособность обусловливается накопленіемъ продуктовъ разложенія, образовавшихся при сокращеніяхъ мышцы. Химическія реакціи, послужившія источникомъ энергіи для мышечной работы, даютъ въ результатѣ продукты, которые тормозятъ дальнѣйшую дѣятельность мышцы гораздо раньше полнаго истощенія веществъ, химическія превращенія которыхъ освобождаютъ механическую энергію.

Если дѣйствовать на вырѣзанную мышцу постоянными или прерывистыми раздражителями, то ея сокращенія постепенно уменьшаются. Фактъ этотъ называется *утомленіемъ*. Онъ наблюдается также и на мышцахъ неповрежденнаго организма, если ихъ заставить сокращаться дѣйствіемъ на нервную систему или другими искусственными раздражителями. Въ этихъ послѣднихъ случаяхъ *утомляющія вещества*, какъ ради краткости называютъ эти продукты распада, вымываются кровью, и мышца можетъ быстро оправиться—*отдохнуть*. Въ вырѣзанныхъ же мышцахъ уменьшеніе количества утомляющихъ веществъ происходитъ въ мышечномъ волокнѣ благодаря диффузіи ихъ въ соединительную ткань, окружающую эти волокна; такъ что и здѣсь замѣчается при повторныхъ раздраженіяхъ мышечный отдыхъ, хотя въ меньшей степени и далеко не полный. Наконецъ, онъ прекращается; тогда говорится, что мышца *истощилась*. При химическихъ изслѣдованіяхъ состава такой мышцы замѣчаются извѣстныя уклоненія отъ свѣжихъ не утомленныхъ мышцъ; именно увеличивается количество составныхъ частей, растворимыхъ въ водѣ. Такимъ образомъ нѣкоторыя нерастворимыя вещества благодаря химическимъ превращеніямъ дѣлаются растворимыми. Несомнѣнно, что часть этихъ превращеній представляетъ собою окислительный процессъ. Кромѣ того, замѣчается еще одно характерное различіе. Свѣжія живыя мышцы имѣютъ нейтральную или слабо щелочную реакцію; усиленно же работавшія мышцы—кислую. Это происходитъ вслѣдствіе образованія *мясомолочной кислоты* (сравн. гл. 9, § 10), одного изъ самыхъ важныхъ «утомляющихъ веществъ». Она, по всей вѣроятности, образуется вслѣдствіе распада какого-нибудь изъ протеиновыхъ тѣлъ, находящихся въ мышцѣ и въ свою очередь дѣйствуетъ на *міозиногенъ*, образуя изъ него *міозинъ* (сравн. гл. 10, § 16). Вѣроятно, часть мясомолочной кислоты окисляется дальше до CO_2

и H_2O; другая же часть ея связывается съ основаніями, образуя соли, или, наконецъ, остается въ свободномъ видѣ, если нѣтъ основаній для полной ея нейтрализаціи.

Въ крови, протекающей черезъ мышцы живого организма, всегда находятся вещества основного характера, именно натрій, избытокъ котораго постоянно имѣется въ крови. Образовавшіяся натріевыя соли вымываются кровью и отчасти переходятъ въ мочу. Такъ что въ мочѣ работающихъ физически людей часто можно найти молочную кислоту, между тѣмъ, какъ моча покоящихся обыкновенно ея не содержитъ. Утомленіе мышцъ въ живомъ тѣлѣ объясняется недостаточно скорымъ удаленіемъ изъ нихъ молочной кислоты и другихъ утомляющихъ веществъ, которыя скопляются, медленнѣе впрочемъ, чѣмъ это происходитъ въ изолированной мышцѣ. И только болѣе продолжительное спокойствіе даетъ мышцамъ полный отдыхъ.

Химическіе процессы, свойственные дѣятельнымъ мышцамъ, имѣютъ мѣсто и въ покоящихся, только въ гораздо меньшемъ размѣрѣ. Вырѣзанныя свѣжія мышцы, при болѣе продолжительномъ лежаніи, точно также пріобрѣтаютъ кислую реакцію; въ нихъ можно найти мясомолочную кислоту и молочнокислыя соли. Процессъ идетъ тѣмъ скорѣе, чѣмъ выше температура мышцы; если ее нагрѣть до 45°, то этотъ процессъ наступаетъ въ продолженіе нѣсколькихъ минутъ. Мышцы теплокровныхъ даже при низкихъ температурахъ скорѣе подвергаются этому процессу, нежели мышцы другихъ животныхъ. Точно такой же процессъ имѣетъ мѣсто и въ неизолированныхъ мышцахъ послѣ смерти животнаго, когда прекращается кровообращеніе.

Одновременно съ кислою реакціей наступаютъ въ мышцахъ еще нѣкоторыя измѣненія; онѣ дѣлаются вялыми, менѣе прозрачными и немного сокращаются. Когда это совершается со всѣми мышцами, члены теряютъ свою гибкость. Такое состояніе называется **трупнымъ окоченѣніемъ**. Оно обусловливается переходомъ растворимаго міозиногена въ нерастворимый міозинъ (сравн. гл. 10, § 16).

Мы съ достовѣрностью не можемъ сказать, тождественны ли химическіе процессы въ покоящихся и работающихъ мышцахъ и не количественное ли только между ними различіе. Во всякомъ случаѣ въ покоящейся мышцѣ происходятъ превращенія, связанныя отчасти съ окисленіемъ мышечнаго вещества, и покоящаяся мышца, подобно всѣмъ живымъ тканямъ, производитъ постоянно теплоту. Во время же дѣятельности не только значительно усиливаются химическіе процессы, такъ что отдѣленіе теплоты дѣлается гораздо больше, но также значительная часть образовавшейся вслѣдствіе окислительныхъ процессовъ кинетической энергіи непосредственно переходитъ въ механическую работу.

Само собою разумѣется, что усиленное окисленіе связано съ истощеніемъ окисляемыхъ веществъ. Для поддержанія рабочей способности мышцы необходимо возмѣщеніе ихъ. Роль крови состоитъ въ доставленіи мышцамъ новыхъ веществъ, которыя она съ своей стороны получаетъ изъ пищи, воспринимаемой организмомъ. Для вопроса о питаніи физически работающихъ людей и животныхъ весьма важное значеніе имѣетъ тотъ фактъ, что послѣ тяжелой мышечной работы наблюдается незначительное выдѣленіе азотъ содержащихъ веществъ, между тѣмъ какъ сильно повышается отдѣленіе углекислоты. Точно установлено, что въ среднемъ взрослый мужчина выдѣляетъ въ теченіе сутокъ углерода, главнымъ образомъ въ формѣ углекислоты, около 250 гр.; количество это при тяжелой мышечной работѣ возрастаетъ до 350 гр. Такимъ образомъ мышечная работа, если не вполнѣ, то въ большей своей части происходитъ на счетъ окисленія тѣлъ, не содержащихъ азота. Конечно, при этомъ и азотъ содержащія составныя части мышцы подвергаются видоизмѣненіямъ, но не особенно глубокимъ; есть основанія предполагать, что обратное возстановленіе этихъ тѣлъ можетъ происходить, по всей вѣроятности, или въ самой мышцѣ или въ другихъ частяхъ тѣла. Но мы слишкомъ мало знаемъ объ этихъ процессахъ, чтобы дѣлать дальнѣйшіе выводы.

При сравненіи всей кинетической энергіи, образующейся внутри организма, съ суммой энергіи, возникающей за этотъ промежутокъ времени вслѣдствіе химическихъ процессовъ, слѣдуетъ принимать въ разсчетъ переходъ механической энергіи во внѣшнюю работу, совершаемую при передвиженіи животныхъ съ мѣста на мѣсто или при подниманіи ими тяжестей. Подробности объ этомъ см. гл. 17, § 6.

9. Электрическіе токи. Появленіе электрическаго тока въ животныхъ и растительныхъ тканяхъ—фактъ весьма распространенный, но нужно замѣтить, что только незначительная часть энергіи проявляется въ нихъ въ этой формѣ. И только электрическіе органы у нѣкоторыхъ рыбъ способны давать сильные электрическіе токи. Изъ различныхъ формъ энергіи, способныхъ производить электрическій токъ, единственнымъ источникомъ его въ живыхъ тканяхъ можетъ считаться химическое сродство. Такъ какъ въ данныхъ условіяхъ отсутствуютъ сильно дѣйствующія комбинаціи металловъ и жидкостей, то могутъ всегда проявляться только слабыя электродвижущія силы. И развѣ въ тѣхъ случаяхъ, когда въ одномъ направленіи дѣйствуетъ много силъ такого рода и онѣ, какъ въ гальванической батареѣ, совмѣстно слагаются, ихъ дѣйствіе можетъ быть болѣе значительнымъ. По всей вѣроятности, такія условія имѣются въ электрическихъ органахъ. Въ болѣе слабой степени наблюдаются электрическія явленія въ мышцахъ, нервахъ и железахъ. Вѣроятно и въ этихъ тканяхъ дѣятельныя въ электрическомъ отношеніи частицы расположены въ извѣстномъ порядкѣ.

Для открытія слабыхъ электрическихъ токовъ служатъ гальванометры, обладающіе весьма большою чувствительностью. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, при изслѣдованіяхъ быстро мѣняющейся электродвигательной силы, употребляются ртутные капиллярные электрометры. Такъ какъ различныя въ химическомъ отношеніи частицы ткани, которыя являются возбудителями электрическихъ дѣйствій, расположены внутри самой ткани и омываются со всѣхъ сторонъ проводящими жидкостями, то черезъ приборъ, служащій для открытія тока, протекаетъ только часть его; это точно также имѣетъ мѣсто и въ томъ случаѣ, когда электроды отъ гальванометра соприкасаются съ тканью въ двухъ мѣстахъ съ неодинаковымъ электрическимъ напряженіемъ. Такъ что мы можемъ принять, что токи, на самомъ дѣлѣ циркулирующіе въ ткани сильнѣе, чѣмъ тѣ слабыя дѣйствія, которыя мы открываемъ посредствомъ нашихъ инструментовъ.

Благодаря большому химическому разнообразію веществъ, вездѣ въ тканяхъ имѣются благопріятныя условія для возникновенія электрическихъ токовъ. Отъ взаимнаго распредѣленія этихъ частицъ должна зависѣть возможность полученія измѣримаго тока при наложеніи проводниковъ на поверхность ткани. Тамъ, гдѣ это имѣетъ мѣсто, мы можемъ заключить о существованіи токовъ и внутри ткани, но мы не въ правѣ на основаніи отсутствія измѣримыхъ токовъ заключать вообще объ отсутствіи электродвигательныхъ силъ внутри ткани. Во всякомъ случаѣ существованіе такихъ силъ нужно только тогда допускать, когда въ ихъ пользу говорятъ достаточно уважительныя основанія.

Для объясненія экспериментальныхъ данныхъ имѣются два рѣзко противоположныя мнѣнія. Э. Дюбуа-Реймонъ, который весьма тщательно и основательно изслѣдовалъ эти явленія въ мышцахъ и нервахъ, предполагалъ, что внутри ткани располагаются въ извѣстномъ порядкѣ частицы, дѣятельныя въ электрическомъ отношеніи. Съ другой стороны большинство теперешнихъ физіологовъ придерживается взгляда, что электрическія противоположности появляются только вслѣдствіе мѣстныхъ поврежденій или при умираніи ткани. Они опираются на неопровержимый фактъ, что нельзя открыть электрическихъ явленій у неповрежденныхъ нервовъ и мышцъ, находящихся въ состояніи покоя. Что во время дѣятельности послѣднихъ обнаруживаются электрическія явленія, можно объяснить или предположеніемъ, что они обусловливаются измѣненіемъ въ расположеніи уже готовыхъ дѣятельныхъ въ электрическомъ отношеніи частицъ, или же измѣненіемъ химическаго характера частицъ, вслѣдствіе чего онѣ дѣлаются электрически дѣятельными.

Здѣсь не мѣсто заниматься разборомъ этихъ воззрѣній; они только представляютъ собою наглядную схему для фактовъ и дѣлаютъ ихъ такимъ образомъ болѣе доступными для пониманія. Важно только то, что въ мышцахъ, нервахъ и железахъ во время ихъ физіологической дѣятельности происходятъ извѣстныя измѣненія въ ихъ электрическихъ свойствахъ. Если во время покоя обнаруживается токъ, то онъ при дѣятельности ослабѣваетъ, Дюбуа-Реймонъ назвалъ это «отрицательнымъ колебаніемъ тока». Мышцы, нервы и железы представляютъ много общаго между собою съ физіологической

точки зрѣнія, объ этомъ мы будемъ говорить еще въ слѣдующей главѣ; поэтому весьма характерно, что именно въ нихъ электрическія явленія обнаруживаются столь закономѣрно. Точно также слѣдуетъ обратить вниманіе на весьма важный фактъ, что электрическіе органы, являющіеся во время своей дѣятельности электрическими возбудителями самыми сильными между всѣми растительными и животными тканями, представляютъ собою видоизмѣненную мышечную ткань, какъ на это указываетъ исторія развитія и сравнительная анатомія.

Въ растеніяхъ замѣчаются точно также незначительныя разности электрическихъ напряженій. Молодой ростокъ, напр., такой формы, какъ это представлено на рис. 93 (стр. 233) подъ буквою *C*, оказываетъ въ *h* самое сильное положительное напряженіе; поэтому появляются токи, исходящіе изъ *h*, если эту точку соединить съ любою выше или нижележащею точкой. Болѣе сильные электрическіе токи получаются въ болѣе раздражимыхъ растеніяхъ. Объ этомъ между прочимъ будетъ рѣчь еще въ слѣдующей главѣ.

10. Производство свѣта. Производство свѣта, доступнаго для нашего глаза, свѣченіе, встрѣчается у различныхъ растительныхъ и животныхъ организмовъ, а также въ отдѣльныхъ органахъ, какъ напр. у различныхъ бактерій, обусловливающихъ свѣченіе гніющаго дерева, мяса и т. п., какъ напр. у Bacterium phosphorescens, встрѣчающагося на морскихъ рыбахъ, у Vibrio phosphorescens, найденнаго въ водѣ Эльбы возлѣ Гамбурга и въ человѣческихъ испражненіяхъ тамъ же и проч. *). Между высшими грибами обнаруживаютъ свѣченіе: Agaricus melleus, опенокъ, чужеядный шляпный грибъ, паразитирующій на деревьяхъ; Agaricus olearius, встрѣчаемый въ южной Европѣ подъ оливковыми деревьями, и проч. Изъ животныхъ, испускающихъ свѣтъ, я назову, во-первыхъ, Nocticula miliaris, принадлежащее къ простѣйшимъ (къ жгутиковымъ). Это небольшія животныя, около 1 милл. величиною, круглой формы, двигающіяся посредствомъ нѣжнаго жгутика. Они иногда въ такомъ большомъ количествѣ всплываютъ на поверхность моря, что по ночамъ кажется, будто вода сама по себѣ испускаетъ свѣтъ; особенно отчетливо это видно при всякомъ движеніи воды, какъ во время прибоя къ берегу, или удара волнъ и т. п. Эта великолѣпная картина наблюдается иногда въ Сѣверномъ морѣ во время темныхъ ночей. Кромѣ того, свѣченіе моря обусловливаютъ еще нѣкоторыя радіоляріи и пирозомы или огнетѣлки. Между животными, проживающими на сушѣ, многія насѣкомыя имѣютъ органы свѣченія, въ родѣ общеизвѣстнаго Иванова червячка (Lampyris nocticula), и многочисленные родственные ему жуки южной и центральной Америки изъ породы пирофоровъ. Кромѣ того, органы свѣченія встрѣчаются у многихъ раковъ и рыбъ, пребывающихъ главнымъ образомъ въ самыхъ глубокихъ частяхъ океана. Недавно во время глубоководной экспедиціи, снаряженной нѣмецкимъ правительствомъ, Кунъ нашелъ много новыхъ, до сихъ поръ неизвѣстныхъ свѣтящихся рыбъ. Пока еще нѣтъ достаточно точныхъ сообщеній относительно найденныхъ у нихъ особыхъ органовъ «фонарей», помѣщающихся впереди головы между носовыми отверстіями на длинныхъ подвижныхъ отросткахъ. Но за то Кунъ весьма тщательно изслѣдовалъ и описалъ органы свѣченія у глубоководныхъ раковъ; функція этихъ органовъ не подлежитъ никакому сомнѣнію, такъ какъ можно было наблюдать само свѣченіе **).

---

*) Бактеріи, обусловливающія свѣченіе мяса, по всей вѣроятности, не обладаютъ никакими специфически ядовитыми свойствами.

**) Съ настоящими органами свѣченія не слѣдуетъ смѣшивать такихъ, которые сами по себѣ не испускаютъ свѣта, а только сильно отражаютъ посторонній свѣтъ. Сюда главнымъ образомъ причисляются глаза, снабженные т. н. tapetum—бесссудистымъ слоемъ, сильно отражающимъ свѣтъ, расположеннымъ между сѣтчаткой и сосудистою оболочкой. Тапетумъ встрѣчается въ глазахъ рыбъ, хищныхъ животныхъ, жвачныхъ и друг. Такіе глаза отражаютъ много свѣта, между тѣмъ какъ въ другихъ глазахъ пигментный слой, расположенный позади сѣтчатки, поглощаетъ почти весь свѣтъ, и сравнительно небольшая часть его отражается. Извѣстно «свѣченіе глазъ» у собакъ и кошекъ; но это явленіе при подходящихъ условіяхъ можно наблю-

Свѣтящіеся раки или эуфазіи (изъ отряда расщепленоногихъ, Schizopoda) живутъ въ моряхъ, входя въ составъ такъ назыв. планктона. Нѣкоторыя породы попадаются въ поверхностныхъ слояхъ воды, другія живутъ въ глубинѣ, куда не попадаетъ ни одинъ лучъ свѣта вслѣдствіе поглощенія водою. Такъ какъ у животныхъ имѣются совершенно развитые глаза, посредствомъ которыхъ они могутъ смотрѣть, то, чтобы ими пользоваться при отысканіи пищи, они сами должны освѣщать себѣ окружающее ихъ пространство. Для этой-то цѣли служатъ «органы свѣченія». Они находятся иногда по сосѣдству съ глазами, образуя съ ними одинъ органъ, иногда они укрѣплены между ногами на груди или брюшкѣ. Позади органа, распространяющаго свѣтъ, находится шарообразно или параболически изогнутый рефлекторъ, который отбрасываетъ свѣтъ впередъ. Органы свѣченія, расположенные на груди и брюшкѣ, снабжены еще чечевицей, находящейся впереди свѣтящагося аппарата, такъ что она на подобіе потайного фонаря можетъ концентрировать свѣтъ въ данномъ направленіи. Органы свѣченія, связанные съ глазами, вращаются одновременно съ послѣдними въ различныхъ направленіяхъ; такіе же органы, расположенные на груди и брюшкѣ, приводятся въ движеніе посредствомъ спеціальныхъ мышцъ: грудные органы въ срединной плоскости; брюшные—въ плоскостяхъ, наклоненныхъ къ срединной подъ 45—90°. Такимъ образомъ освѣщаются предметы, находящіеся подъ животнымъ, позади и съ боковъ, а также на извѣстномъ разстояніи спереди, главнымъ образомъ передъ клешнями животнаго.

На рисункѣ 111 мы даемъ изображеніе грудного органа свѣченія у Nematoscelis rostrata по Куну. *rfl* — рефлекторъ, *n* — нервъ, входящій въ свѣтящееся тѣло. Это тѣло состоитъ изъ наклоненныхъ другъ къ другу пластинокъ, исходящихъ изъ клѣтокъ *c*, *l*—чечевица (она отсутствуетъ въ глазныхъ органахъ свѣченія).

Свѣченіе находится подъ вліяніемъ нервной системы, но суть этого процесса мало извѣстна. Найдено, что у Ивановыхъ червячковъ для этого необходимо присутствіе свободнаго кислорода. Нѣкоторыя данныя указываютъ на то, что свѣтящее вещество выдѣляется клѣтками и можетъ и внѣ ихъ въ продолженіе извѣстнаго времени испускать свѣтъ.

Твердыя тѣла начинаютъ испускать свѣтъ только при очень высокихъ температурахъ. Длина свѣтовыхъ волнъ мѣняется сообразно съ температурой. Если постепенно подогрѣвать платиновую проволоку, то первый воспринимаемый глазомъ свѣтъ соотвѣтствуетъ зеленой части солнечнаго спектра. Нашъ глазъ оказывается болѣе всего чувствительнымъ для такого рода колебаній. При повышеніи температуры присоединяются понемногу лучи съ большимъ и меньшимъ показателями преломленія; тѣла кажутся окрашенными въ красный цвѣтъ; наконецъ въ бѣлый при полномъ каленіи, когда появляются фіолетовые и ультрафіолетовые лучи. Кромѣ того, распространяются еще тепловые лучи, не воспринимаемые глазомъ, съ меньшимъ еще показателемъ преломленія, чѣмъ красные. Конечно, такія высокія температуры никогда не встрѣчаются въ животномъ организмѣ при процессахъ окисленія. Но что свѣченіе можетъ происходить и при болѣе низкихъ температурахъ, мы это видимъ на фосфорѣ, пары котораго соединяются съ кислородомъ при умѣренныхъ температурахъ, причемъ распространяется видимый глазомъ свѣтъ. Въ солнечномъ спектрѣ желтая его часть представляется намъ самою яркою; здѣсь результатъ энергіи эфирныхъ колебаній и чувствительности нашихъ зрительныхъ нервовъ достигаютъ своей наивысшей точки. Но если какой-нибудь источникъ свѣта испускаетъ главнымъ образомъ лучи съ большимъ показателемъ преломленія, то они могутъ восприниматься глазомъ, хотя ихъ температура можетъ быть не высока. Такое явленіе называется фосфоресценціей; поэтому принято говорить, что свѣтящіеся организмы или органы фосфоресцируютъ.

дать у всякаго глаза. Эта незначительная часть свѣта, отражаемаго глазомъ, позволила Гельмгольцу устроить «глазное зеркало», при помощи котораго можно разсмотрѣть глазное дно у живого организма. Сильнымъ отраженіемъ объясняется также свѣченіе свѣтящагося мха, Schistostega osmundacea. Хлорофилльныя зерна, расположенныя на задней конусообразной стѣнкѣ клѣтокъ, отражаютъ свѣтъ, между тѣмъ какъ передняя часть клѣтки дѣйствуетъ на подобіе чечевицы, сильно концентрируя падающій и отраженный свѣтъ.

Свѣченіе нагрѣтаго тѣла—явленіе вторичное. Вслѣдствіе нагрѣванія матеріальныя частицы тѣла приходятъ въ болѣе сильныя колебанія; энергія послѣднихъ переходитъ на эфиръ и распространяется въ формѣ лучеиспусканія. Колебанія большой амплитуды не воспринимаются глазомъ, а только ощущаются въ формѣ лучистой теплоты; колебанія малой амплитуды воспринимаются какъ свѣтъ. Для явленія свѣта, сопровождающаго явленіе

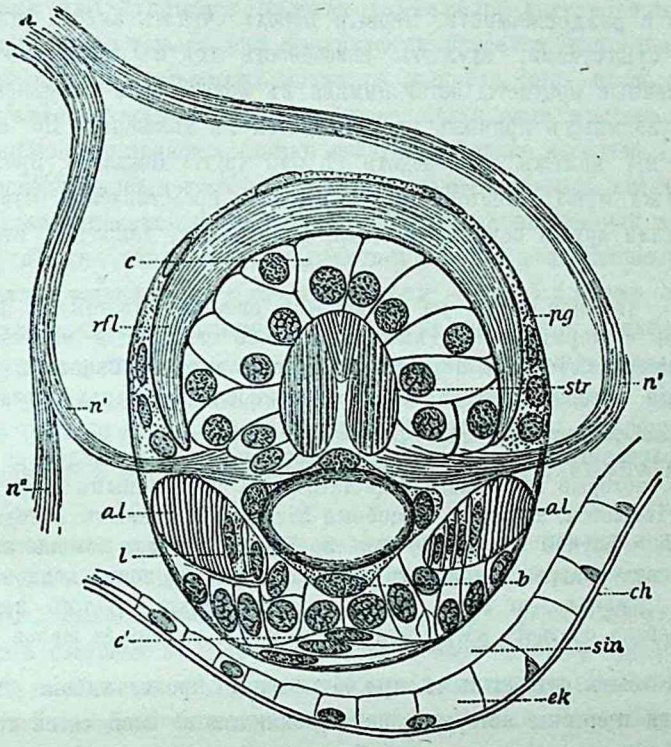


Рис. 111. Продольный разрѣзъ черезъ грудной органъ свѣченія у Nematoscelis rostrata, глубоководнаго рака, по Кунну: *n*—нервъ; *str*—тѣло, испускающее свѣтъ; *rfl*—рефлекторъ; *pg*—красный пигментъ; *a. l.*—отражающее кольцо, состоящее изъ пластинокъ; *l*—чечевица, лежащая впереди органа свѣченія; *b*, *c*, *c'*—клѣтки, дѣятельностью которыхъ образуется органъ свѣченія и чечевица; *ek*, *ch*—наружный покровъ (*ch*—хитинъ) органа; *sin*—кровеносный синусъ, питающій органъ.

повышенія температуры, безразлична причина, вызывающая послѣднее: будетъ ли это электрическій токъ, какъ въ платиновой проволокѣ, или переходъ потенціальной энергіи химическаго сродства, какъ при сгораніи. Но если потенціальная энергія химическаго сродства, не касаясь матеріальныхъ молекулъ, непосредственно переходитъ въ эфирныя колебанія малой амплитуды, тогда тѣла могутъ испускать свѣтъ даже при очень низкихъ температурахъ. Вотъ какимъ образомъ мы должны представлять себѣ процессъ, происходящій въ органахъ свѣченія подъ вліяніемъ нервовъ. Онъ аналогиченъ переходу энергіи въ механическую работу въ мышцахъ и появленію токовъ въ электрическихъ органахъ.

ДЕВЯТНАДЦАТАЯ ГЛАВА.

Раздраженіе и раздражимость.

1. Понятіе о раздражимости. Первый поводъ считать амёбъ, описанныхъ въ 12-й главѣ, живыми существами, служитъ способность ихъ къ движеніямъ. Мы привыкли видѣть неодушевленные предметы остающимися въ покоѣ, если только они въ силу какихъ-либо внѣшнихъ, уловимыхъ причинъ не приводятся въ движеніе. По личному-же опыту мы знаемъ, что мы можемъ производить тѣ или другія движенія, произвольно по «внутреннему побужденію». Поэтому-то и сложилось представленіе, что всякій предметъ, производящій тѣ или другія самостоятельныя, повидимому, движенія, является одаренным жизнью.

Естественно, что при этомъ не избѣгаются ошибки. Поэтому-то при подобнаго рода изслѣдованіяхъ мы воздерживаемся дѣлать какія-либо заключенія на основаніи только тѣхъ данныхъ, какія пріобрѣтаются при первомъ наблюденіи даннаго объекта, и часто случается, что какое-либо движеніе, которое принимается за жизненное явленіе, при ближайшемъ изслѣдованіи не оказывается таковымъ; поэтому-то при недостаткѣ опытности въ тщательномъ взвѣшиваніи всѣхъ данныхъ, получаемыхъ при такого рода наблюденіяхъ, часто дѣлаются ошибочные выводы. Дѣти и тѣ взрослые, которые не обладаютъ достаточнымъ умственнымъ развитіемъ, нерѣдко считаютъ все то, что движется, за живое. Подобныя заключенія дѣлаютъ, повидимому, и животныя. Кто имѣлъ когда-либо случай наблюдать, какъ преслѣдуетъ собака камень, катящійся по какому-нибудь склону, и какъ она разсматриваетъ его, когда онъ въ концѣ концовъ остановится, полная недоумѣнія и, очевидно, не зная, что ей съ нимъ дѣлать,—у того непремѣнно остается впечатлѣніе, что собака считаетъ катящійся и прыгающій камень за живое существо.

Какъ нужно быть осторожнымъ при обсужденіи происхожденія тѣхъ или другихъ движеній, основныя причины которыхъ не выясняются во всей своей полнотѣ при первомъ ознакомленіи съ ними, въ этомъ отношеніи мы имѣемъ примѣръ въ Броуновскомъ движеніи (гл. 18, § 4). При изученіи этого движенія мы видѣли также, что лучшею гарантіею отъ подобныхъ ошибокъ служитъ изслѣдованіе вліянія «раздраженія». Движенія организованныхъ существъ вызываются тѣмъ или другимъ раздраженіемъ; если-же какое-либо движеніе уже имѣется на лицо, то вслѣдствіе какого-либо новаго раздраженія оно такъ или иначе измѣняется. Но жизнью и раздражительностью могутъ обладать также и такія существа, которыя обыкновенно не обнаруживаютъ никакихъ самостоятельныхъ движеній, какъ напр. растенія. На этихъ послѣднихъ раздражительность обнаруживается извѣстнымъ, характернымъ для нихъ образомъ.

Физіологическое понятіе о раздраженіи и раздражимости развилось преимущественно благодаря изученію движеній, наблюдаемыхъ на сократимыхъ тканевыхъ образованіяхъ, но съ теченіемъ времени оно приняло болѣе общее значеніе. Если мы хотимъ понятіе о раздражимости опредѣлить въ такомъ смыслѣ, въ какомъ оно принимается въ настоящее время біологами, то мы можемъ выразиться такъ: раздражимость есть способность всякой живой протоплазмы реагировать на внѣшнія воздѣйствія специфическимъ образомъ, опредѣленными измѣненіями, совершающимися въ ходѣ ея жизненныхъ процессовъ.

Характеръ реакціи, вызванной какимъ-либо раздраженіемъ, только въ незначительной степени зависитъ отъ рода раздраженія, главнымъ же образомъ онъ опредѣляется свойствами живой ткани, подвергающейся данному раздраженію. Если раздражаемая протоплазма способна къ сокращеніямъ, то слѣдствіемъ даннаго какого-либо раздраженія являются сокращенія протоплазмы и тѣ или другія движенія, обусловливаемыя такими сокращеніями. Если

раздраженіе дѣйствуетъ на какую-либо железу, то наступаетъ секреторная дѣятельность этой послѣдней. Центральная нервная система человѣка реагируетъ на раздраженіе процессами чувствованія и сознанія. Вмѣстѣ съ тѣмъ, въ той или другой ткани рядомъ съ специфическою реакціею на какое-либо раздраженіе возникаютъ еще различныя другія реактивныя явленія, такъ что дать полное представленіе о дѣйствіяхъ раздраженій представляется затруднительнымъ.

2. Раздраженіе и разрѣшеніе. Явленія раздраженія изучаются наиболѣе легко на такихъ образованіяхъ, въ которыхъ они проявляются наиболѣе явственно. Въ этомъ отношеніи наиболѣе подходящимъ объектомъ являются мышцы, такъ какъ онѣ легко могутъ быть изолированы для произвоства на нихъ относящихся сюда опытовъ и такъ какъ онѣ, будучи изолированными, не теряютъ своихъ физіологическихъ свойствъ. Мышцы холоднокровныхъ, которыя берутся, въ возможно неповрежденномъ состояніи, или изъ живого животнаго, или вскорѣ послѣ его смерти, сохраняютъ долго свои жизненныя свойства и поэтому являются весьма удобнымъ объектомъ для изученія явленій раздраженія. Онѣ, не будучи ничѣмъ раздражаемы, остаются въ состояніи *покоя*; подъ вліяніемъ того или другого раздраженія онѣ переходятъ въ состояніе *дѣятельности*, т.-е. начинаютъ сокращаться. Раздраженіемъ могутъ служить *механическія* воздѣйствія, какъ напр. давленіе, уколъ и проч.; *химическія*,—амміакъ въ газообразномъ и растворенномъ состояніи, растворы кислотъ и солей и пр.; *термическія*,—нагрѣваніе или охлажденіе; наконецъ *электрическія*, особенно дѣйствіе быстрыхъ колебаній тока, какъ это имѣетъ мѣсто при индукціонныхъ токахъ *).

Работа, совершаемая мышцами при ихъ сокращеніи, можетъ быть весьма велика (см. гл. 18, § 7), такъ что производимая раздражаемыми мышцами энергія значительно превосходитъ энергію, затрачиваемую на раздраженіе. При раздраженіи какого-либо тѣла въ этомъ послѣднемъ совершается, подъ вліяніемъ раздраженія, превращеніе потенціальной энергіи, имѣющейся въ данномъ тѣлѣ, въ кинетическую энергію. Процессы подобнаго рода мы называемъ процессами «*освобожденія*» или «*разрѣшенія*» (Auslösung). Поэтому и въ данномъ случаѣ мы говоримъ, что раздраженіе дѣйствуетъ, какъ «разрѣшеніе», освобождая потенціальную энергію мышцы, переводя ее въ кинетическую энергію,—тепло и механическую работу. Мы должны видѣть сущность этихъ процессовъ въ томъ, что химическія вещества, изъ которыхъ состоятъ сократимые элементы мышцъ, содержатъ молекулы, построенныя весьма сложно, причемъ атомы ихъ связаны между собою очень слабо, такъ что достаточно какого-либо незначительнаго воздѣйствія, чтобы разъединить эти атомы между собою и привести ихъ въ болѣе устойчивыя соединенія. Такъ какъ эти послѣднія обладаютъ меньшею теплотою сгоранія, чѣмъ первоначальные атомные комплексы, то только-что указанныя превращенія сопровождаются развитіемъ кинетической энергіи (см. гл. 18, § 7). Мы можемъ это выразить и такъ, что атомы молекулъ тѣхъ веществъ, изъ которыхъ слагаются сократительные элементы мышцъ, находятся въ неустойчивомъ равновѣсіи, изъ котораго они при сокращеніи мышцъ переводятся въ устойчивое **).

---

*) Въ неповрежденномъ организмѣ многоклѣточныхъ организмовъ мышцы приводятся въ дѣятельное состояніе подъ вліяніемъ нервовъ, такъ что къ мышечнымъ раздражителямъ относится также и нервное вліяніе, о которомъ будетъ рѣчь ниже.

**) Примѣромъ подобнаго рода процессовъ я могу привести процессъ, совершающійся съ *нитроглицериномъ*, однимъ изъ сильнѣйшихъ взрывчатыхъ веществъ, вслѣдствіе толчка, удара или нагрѣванія выше 250°; этотъ процессъ приводитъ къ взрыву, обладающему весьма значительною силою. Нитроглицеринъ есть тройной эфиръ азотной кислоты и трехъатомнаго

Такъ какъ форма энергіи, которая возникаетъ изъ потенціальной энергіи какого-либо клѣточнаго образованія, испытывающаго то или другое раздраженіе, зависитъ отъ строенія этого образованія, то легко понять, почему всякое клѣточное образованіе на всевозможныя раздраженія реагируетъ опредѣленнымъ, извѣстнымъ образомъ. На мышцѣ, дѣятельность которой проявляется въ механической работѣ и доступна болѣе или менѣе точному измѣренію, несоотвѣтствіе между раздражителемъ и производимымъ имъ эффектомъ наиболѣе очевидно. Иногда послѣдній превосходитъ, по силѣ, вызвавшее его раздраженіе во много разъ. Но можетъ быть и обратное, такъ какъ количество той или другой формы энергіи, развиваемой какимъ-либо клѣточнымъ образованіемъ, приводимымъ въ состояніе раздраженія, зависитъ отъ количества потенціальной энергіи, имѣющейся въ данный моментъ въ данномъ клѣточномъ образованіи. Конечно, количество освобождаемой энергіи никогда не можетъ превосходить запаса потенціальной; но бываетъ, что оно можетъ не достичь и возможнаго для нея maximum'а, если вслѣдствіе какого-либо раздраженія не вся потенціальная энергія, имѣющаяся на лицо въ данномъ клѣточномъ образованіи, подпадаетъ превращенію въ какой-либо видъ кинетической энергіи, а только часть ея. На мышцѣ можно легко показать, что сила раздраженія вліяетъ извѣстнымъ образомъ на величину реактивнаго дѣйствія, но что между этими обѣими величинами не существуетъ никакой пропорціональности. Для каждой мышцы существуетъ извѣстное минимальное, по силѣ, раздраженіе, которое является достаточнымъ, чтобы произвести въ данной мышцѣ наименьшее уловимое сокращеніе. Если такое раздраженіе усиливать, то сокращеніе мышцы дѣлается сильнѣе; такимъ образомъ можно достигнуть извѣстнаго maximum'а сокращеній, опредѣленнаго для данной мышцы; этотъ maximum не можетъ быть повышенъ, какъ бы ни усиливалось раздраженіе.

Подобное наблюдается также и на другихъ клѣточныхъ образованіяхъ, подвергаемыхъ раздраженіямъ, а именно на нервахъ, хотя надо принять во вниманіе, что измѣренія количествъ той или иной кинетической энергіи, производимой раздражаемымъ нервомъ, представляются не столь легкими, какъ измѣренія, дѣлаемыя на мышцахъ. Такъ какъ количества энергіи, производимыя раздражаемымъ нервомъ, всегда являются весьма малыми, то въ нервахъ еще чаще, чѣмъ въ мышцахъ, случается то, что эффектъ, вызываемый въ немъ тѣмъ или другимъ раздраженіемъ, уступаетъ, по силѣ, этому послѣднему: въ мышцахъ, какъ выше указано, весьма часто наблюдается обратное.

Мышцамъ и нервамъ приписывается большая раздражимость или возбудимость, такъ какъ онѣ способны реагировать на чрезвычайно слабыя раздраженія. Возбудимость нервовъ больше возбудимости мышцъ, но она уступаетъ возбудимости воспринимающихъ органовъ, о которыхъ будетъ рѣчь ниже. Энергія колебаній свѣтового эфира, достаточная для того, чтобы производить возбужденіе въ свѣточувствительныхъ элементахъ глаза, мало доступна числовымъ измѣреніямъ.

Такъ какъ тѣмъ понятіемъ о раздраженіи и о реакціи на раздраженіе, которое принято по отношенію къ мышцамъ, руководятся также и по отношенію къ другимъ клѣточнымъ образованіямъ, то привыкли и касательно этихъ послѣднихъ пользоваться выраженіемъ «раздраженіе» и «разрѣшеніе». Можетъ-быть, при ближайшемъ знакомствѣ съ разсматриваемыми здѣсь явленіями мы отдѣлимъ нѣкоторые изъ процессовъ, разсматриваемыхъ теперь какъ процессы раздраженія, отъ другихъ. Пока же для всѣхъ такъ называемыхъ процессовъ

алкоголя глицерина (см. гл. 9, § 7) и имѣетъ формулу $C_3H_5(ONO_2)_3$. При взрывѣ онъ переходитъ въ углекислоту, воду, закись азота и азотъ.

Молекулы сократительнаго вещества мышцъ являются не столь неустойчивыми, какъ молекулы нитроглицерина; повидимому, разлагаемость отдѣльныхъ молекулъ подлежитъ постояннымъ колебаніямъ; поэтому, вслѣдствіе какого-либо раздраженія мышцы, только извѣстная часть означенныхъ молекулъ претерпѣваетъ разложеніе, и проявленіе кинетической энергіи (сокращеній) можетъ часто слѣдовать одно за другимъ.

раздраженія мы оудемъ считать общимъ признакомъ то, что при этихъ процессахъ не существуетъ никакой пропорціональности между силою раздраженія и силою реакціи, обусловливаемой даннымъ раздраженіемъ. Итакъ, здѣсь никакимъ образомъ не можетъ быть рѣчи о простой передачѣ энергіи. При настоящихъ освобожденіяхъ разрѣшающая причина всегда является кинетическимъ процессомъ. То же самое можно сказать и о всѣхъ раздраженіяхъ, производимыхъ на мышцахъ. Но въ воспринимающихъ аппаратахъ, въ органахъ чувствъ это не всегда встрѣчается, какъ это можно видѣть по отношенію къ чувствующимъ аппаратамъ кожи, которые могутъ возбуждаться однообразнымъ давленіемъ. Однакоже мы принуждены дѣйствіе давленія на нервныя окончанія, заложенныя въ кожѣ, считать раздраженіемъ. Конечно, въ такомъ случаѣ понятіе о раздраженіи, какъ объ извѣстномъ родѣ освобожденія, пріобрѣтаетъ значительную неопредѣленность.

3. Отношеніе между раздраженіемъ и дѣйствіемъ. Хотя на мышцѣ легко установить тотъ фактъ, что между раздраженіемъ и реакціею на это раздраженіе не существуетъ пропорціональности, однакоже не удается выяснить закономѣрныхъ отношеній между ними. На величину мышечнаго отправленія производятъ вліяніе весьма многія обстоятельства, отъ которыхъ зависитъ такъ называемое состояніе мышцъ. То же самое можно сказать и по отношенію къ нервнымъ образованіямъ; однакоже, у этихъ послѣднихъ отношеніе между силою раздраженія и величиною дѣйствія можетъ быть выражено въ числахъ. Мы не можемъ прямо измѣрять величину ощущенія, однакоже мы можемъ твердо установить то, насколько должно быть усилено раздраженіе, чтобы вызвать едва замѣтное различіе въ ощущеніи.

Такое числовое опредѣленіе отношенія между силою возбужденія и величиною ощущенія нашло впервые примѣненіе въ опытахъ Э. Вебера надъ чувствомъ давленія. Если класть попеременно на одно и то же мѣсто кожи два различныхъ груза, то можно только тогда съ опредѣленностью почувствовать, какой изъ данныхъ грузовъ тяжелѣе, если различіе въ ихъ вѣсахъ не слишкомъ мало. Веберъ нашелъ, что это различіе должно быть тѣмъ больше, чѣмъ тяжелѣе самъ грузъ, и что различіе должно составлять одну и ту же, приблизительно, дробную часть вѣса меньшаго груза. Это можно выразить такъ: если сила раздраженія, выраженная черезъ p, возрастаетъ до величины $p+d$, и ощущеніе, вызываемое такимъ раздраженіемъ, возрастаетъ на величину e (что и составляетъ наименьшую ощутимую разницу), то раздраженіе, сила котораго равна $2p$, должно быть увеличено на $2d$, чтобы вызвать въ ощущеніи указанную разницу e. Этотъ законъ простирается, хотя и не во всей полнотѣ, на всѣ ощущенія, при которыхъ сила раздраженія, вызывающая ихъ, можетъ быть измѣряема. Повидимому, этотъ законъ имѣетъ болѣе общее значеніе.

Если благодаря какому-либо раздраженію потенціальная энергія, имѣющаяся на лицо въ какомъ-либо клѣточномъ образованіи, переходитъ въ кинетическую, какъ это можетъ имѣть мѣсто въ изолированной мышцѣ — т.-е. освобождается, то дѣйствіе, производимое повторными раздраженіями, является въ количественномъ отношеніи ограниченнымъ. Съ этимъ вполнѣ согласуется, что мышца, получающая часто слѣдующія другъ за другомъ раздраженія, истощается (ср. гл. 18, § 8). Въ живыхъ тканяхъ превращеніе веществъ снова выравнивается вслѣдствіе притока и усвоенія новыхъ тѣлъ, такъ что новыя раздраженія, прерываемыя достаточно длинными паузами, снова встрѣчаютъ образованія, способныя въ совершенію отправленій. Если вслѣдствіе раздраженія всегда освобождается только часть отложенной энергіи или если освобождаемыя дѣйствія не связаны съ замѣтнымъ потребленіемъ веществъ, то дѣло можетъ и не доходить до истощенія. Повидимому, это имѣетъ мѣсто по отношенію къ нервнымъ волокнамъ, дѣятельность которыхъ во всякомъ случаѣ связана съ крайне незначительнымъ потребленіемъ механической энергіи. Поэтому на нервахъ не обнаруживается утомленія въ томъ видѣ, какъ оно встрѣчается у мышцъ, или истощенія. Но оно наблю-

дается у центральныхъ органовъ нервной системы, дѣятельность которыхъ, повидимому, связана съ большими химическими превращеніями веществъ *).

Раздраженія могутъ вызывать всѣ тѣ явленія, съ которыми мы познакомились въ началѣ предыдущей главы, какъ съ отправленіями организмовъ, слѣдовательно, движеніе массъ, молекулъ и эфира и такъ называемые психическіе процессы, природа которыхъ трудно опредѣлима. Чаще всего дѣйствіе раздраженія проявляется въ видѣ движенія массъ, а именно въ формѣ сокращенія. Можетъ ли быть вызвано или усилено раздраженіемъ постоянно сопутствующее всѣмъ жизненнымъ процессамъ молекулярное движеніе въ видѣ теплоты, еще не доказано путемъ неопровержимыхъ опытныхъ результатовъ. Многократно утверждалось, что теплопроизводство увеличивается вслѣдствіе раздраженія, исходящаго изъ нервной системы. Но результаты опытовъ могутъ быть истолкованы и въ томъ смыслѣ, что наблюдаемыя температурныя повышенія происходятъ вслѣдствіе уменьшенія теплоотдачи; такимъ образомъ увеличеніе теплопроизводства подъ вліяніемъ нервной системы не доказано точно. Напротивъ, несомнѣнно, что обѣ формы эфирнаго движенія, наблюдаемыя у живыхъ существъ, обнаруженіе электрическаго тока и свѣченіе вызываются путемъ раздраженія.

Изслѣдованіе вліяній раздраженія встрѣчаетъ особенное затрудненіе въ томъ обстоятельствѣ, что нерѣдко многія раздраженія различнаго рода дѣйствуютъ одновременно. Мы не всегда бываемъ въ состояніи выяснить соотвѣтственно поставленными опытами вліяніе каждаго раздраженія въ отдѣльности. Если мы прибавимъ къ этому, что во многихъ случаяхъ раздраженія появляются, помимо нашего вмѣшательства, и что мы не всегда въ состояніи опредѣлить условія возникновенія этого «внутренняго раздраженія», то не покажется удивительнымъ, что многіе вопросы остаются нерѣшенными. Поэтому при изложеніи этой главы физіологіи еще болѣе, чѣмъ въ нѣкоторыхъ другихъ, мы принуждены просто перечислить открытые доселѣ факты и предоставить будущему изслѣдованію объяснить связь явленій между собою и съ явленіями изъ другихъ областей; на что мы смотримъ какъ на цѣль всего естествознанія.

4. Тропизмъ и таксисъ. Въ несокращающихся образованіяхъ также наблюдаются движенія массъ, какъ результатъ раздраженій. У прикрѣпленныхъ организмовъ, особенно у растеній и ихъ частей, они проявляются въ видѣ искривленій, могущихъ быть сведенными къ неравномѣрному росту; у свободно передвигающихся организмовъ частью въ видѣ движеній въ какомъ-либо опредѣленномъ направленіи, частью въ видѣ принятія опредѣленнаго положенія, въ видѣ оріентированія по опредѣленной оси. Первая форма проявленія подобнаго дѣйствія называется тропизмомъ, вторая— таксисомъ. Смотря по роду раздраженія различаютъ различные виды тропизма и таксиса. Говорятъ о геотропизмѣ и геотаксисѣ, геліотропизмѣ и геліотаксисѣ и т. д. и, кромѣ того, прибавляютъ положительный или отрицательный, съ цѣлью обозначенія, направлено ли движеніе къ тому мѣсту, откуда выходитъ раздраженіе, или же оно происходитъ въ обратномъ направленіи.

Мы уже раньше (гл. 15, § 4) видѣли, что, при прорастаніи растенія, корень растетъ книзу, по направленію къ центру земли, стебель же отъ центра земли вертикально кверху (см. рис. 93, стр. 233). Что, дѣйствительно, отношеніе къ землѣ имѣетъ вліяніе, показываетъ слѣдующій опытъ.

Если положить ростокъ, достигшій извѣстной длины, горизонтально, то верхушка корня постоянно направляется книзу, а стебель кверху. Что это обусловливается искривленіемъ вслѣдствіе неравномѣрнаго роста на двухъ противоположныхъ сторонахъ, легко

*) Различными изслѣдователями указывалось, что въ центральныхъ нервныхъ органахъ, вслѣдствіе раздраженія, происходитъ усиленное образованіе тепла. Хотя опыты и не вполнѣ безупречны, однако, само по себѣ это не представляется невѣроятнымъ.

можно доказать, сдѣлавши на прямо и вертикально растущихъ растеньицахъ, прежде чѣмъ перевести ихъ въ горизонтальное положеніе, значки тушью на равныхъ разстояніяхъ другъ отъ друга; при происходящемъ затѣмъ искривленіи на выпуклой сторонѣ они оказываются дальше отстоящими другъ отъ друга, чѣмъ на вогнутой. Слѣдовательно, положеніе имѣетъ вліяніе на быстроту роста какъ корня, такъ и стебля. У корня ростъ ускоряется на верхней сторонѣ, на нижней замедляется; у стебля наоборотъ. Что при этомъ все дѣло въ вліяніи тяжести, можно показать слѣдующимъ образомъ. Если укрѣпить ростокъ на периферіи диска, быстро вращающагося вокругъ вертикальной оси, то корень растетъ косо книзу и кнаружи (по направленію отъ оси), стебель косо кверху и кнутри (по направленію къ оси). Отклоненіе отъ перпендикулярной линіи тѣмъ значительнѣе, чѣмъ больше скорость вращенія. Мы видимъ, слѣдовательно, здѣсь два вліянія, вліяніе тяжести и такъ называемой центробѣжной силы, и направленіе роста совпадаетъ съ равнодѣйствующей обоихъ факторовъ. Если же, напротивъ, заставить ростокъ въ любомъ положеніи медленно вращаться вокругъ его горизонтальной оси, то вліяніе тяжести совершенно исключается; онъ растетъ тогда постоянно въ томъ направленіи, какое онъ имѣлъ. Искривленій не появляется.

Въ самое послѣднее время были сдѣланы наблюденія, способныя объяснить механизмъ, производящій геотропическія искривленія. Раздражимыя части на верхушкѣ корня окружены однимъ слоемъ клѣтокъ, сокъ ихъ очень жидокъ, а крахмальныя зерна удивительно велики. При каждомъ положеніи крахмальныя зерна опускаются къ пристѣночному протоплазматическому слою, обращенному книзу. Вслѣдствіе этого своимъ давленіемъ они производятъ раздраженіе; возникшее такимъ образомъ возбужденіе протоплазмой пограничныхъ клѣтокъ передается поясу роста, лежащему на нѣкоторомъ разстояніи отъ корневой верхушки *).

Дѣйствіе тяжести на корень противоположно ея дѣйствію на стебель; первый растетъ по направленію къ центру земли, послѣдній отъ центра. Поэтому первый называютъ положительно, послѣдній отрицательно геотропическимъ. Другія части растеній, вѣтви, придаточные корни и листья располагаются, по большей части, подъ опредѣленными углами къ отвѣсной линіи; это свойство называется діагеотропизмомъ. Неравномѣрная скорость роста сторонъ въ горизонтальной плоскости обусловливаетъ вращеніе вьющихся растеній (боковой геотропизмъ).

Геотропическія явленія были наблюдаемы Лёбомъ и Дришемъ у прикрѣпленныхъ животныхъ, у гидроидныхъ полиповъ. Отрицательный геотаксисъ, т.-е. движенія по отвѣсной линіи кверху, имѣетъ мѣсто у жгутиковыхъ и у различныхъ другихъ инфузорій; эвглены, напр., съ обращеннымъ впередъ жгутиковымъ концомъ, стремятся къ поверхности воды, въ которой онѣ плаваютъ. Подобное толкованіе даетъ Лёбъ и тому явленію, что только-что вышедшія изъ куколокъ бабочки безпокойно бѣгаютъ взадъ и впередъ, пока онѣ не встрѣтятъ вертикальной стѣны, на которой онѣ и садятся, направивши голову кверху. Геліотропизмомъ или фототропизмомъ называютъ чрезвычайно распространенное въ растительномъ царствѣ явленіе, особенно доступное для наблюденія у молодыхъ прорастающихъ растеній. Они всегда растутъ, при одностороннемъ освѣщеніи, въ сторону, направленную къ падающему свѣту; при этомъ цвѣты и листья становятся перпендикулярно къ направленію свѣта. Стебли и черешки листьевъ называютъ положительно геліотропическими, а листья діагеліотропическими. Корни напротивъ, отрицательно геліотропичны, они отворачиваются отъ свѣта, какъ это можно наблюдать на воздушныхъ корняхъ при одностороннемъ освѣщеніи ихъ. Однако, при очень яркомъ свѣтѣ листья нѣкоторыхъ растеній такъ устанавливаются, что ихъ плоскость

*) О проведеніи возбужденій срав. слѣдующій параграфъ.

совпадаетъ съ плоскостью меридіана и ихъ длинная ось устанавливается въ направленіи отъ сѣвера къ югу (растенія-компасы).

Что геліотропическія искривленія стеблей происходятъ вслѣдствіе ускоренія роста на одной или замедленія на другой изъ неодинаково освѣщенныхъ сторонъ, можно доказать точно такъ же, какъ при геотропическихъ искривленіяхъ, при помощи наблюденія ранѣе поставленныхъ мѣтокъ на противоположныхъ поверхностяхъ. Если подвергнуть растенія постоянному вращенію вокругъ вертикальной оси, такъ что они со всѣхъ сторонъ равномѣрно доступны свѣту, то геліотропическаго искривленія не наблюдается. Въ случаѣ положительнаго геліотропизма ростъ на освѣщенной сторонѣ происходитъ медленнѣе, чѣмъ на затѣненной, въ случаѣ отрицательнаго обратно на затѣненной. Дѣятельными въ этомъ отношеніи являются только наиболѣе сильно преломляемые лучи бѣлаго свѣта, синіе и фіолетовые, слѣдовательно, тѣ, которые слабѣе всего оказываютъ вліяніе на разложеніе углекислоты хлорофилломъ.

Дришъ и Лёбъ равнымъ образомъ видѣли геліотропическія явленія у прикрѣпленныхъ животныхъ, именно у гидроидныхъ полиповъ.

Фототактическія движенія чрезвычайно распространены. При помѣщеніи въ слабо освѣщенную водяную каплю большого числа Euglena viridis, наблюдаютъ, что онѣ плаваютъ по всѣмъ направленіямъ. Но если свѣтъ падаетъ съ одной стороны, онѣ устанавливаются своею длинною осью по направленію къ лучамъ и, если капля освѣщена только отчасти, всѣ онѣ направляются къ освѣщенному мѣсту (положительный геліотаксисъ). Такое же отношеніе показываютъ многочисленныя другія жгутиковыя, равно какъ и многія подвижныя споры, далѣе десмидіацеи и діатомовыя, изъ многоклѣточныхъ также Hydra viridis, даже многія насѣкомыя. И здѣсь наиболѣе преломляемая часть видимаго спектра является сильнѣе дѣйствующей. Если свѣтъ очень силенъ, то положительный фототаксисъ превращается въ отрицательный. Отрицательно фототактичнымъ и къ слабому свѣту является встрѣчающійся на корьѣ плазмодій слизистыхъ грибовъ, Fuligo varians или Aethalium septicum, въ темнотѣ переползающій на поверхность корья, при освѣщеніи уходящій внутрь, далѣе личинки мучного жука и различныхъ мухъ. Явленія фототаксиса часто трудно отличить у животныхъ отъ явленій, вызываемыхъ ощущеніемъ свѣта (относительно этого ср. § 11).

Вліяніе различныхъ химическихъ тѣлъ на ростъ называется хемотропизмомъ. Грибные гифы измѣняютъ направленіе своего роста, если вблизи ихъ находятся извѣстныя химическія вещества. Нейтральныя соли фосфорной кислоты и амміака, виноградный сахаръ, пептонъ и аспарагинъ дѣйствуютъ, такъ сказать, притягивая (положительный хемотропизмъ), если растворы не очень концентрированы; алкоголь, свободныя кислоты и щелочи, поваренная соль и калійная селитра дѣйствуютъ даже въ самой незначительной концентраціи всегда отталкивая (отрицательный хемотропизмъ). Грибныя нити въ первомъ случаѣ направляются къ мѣсту нахожденія химическаго тѣла, во второмъ отъ этого мѣста. Какъ хемотропизмъ можетъ быть разсматриваемо врастаніе пыльцевой трубки въ рыльце у высшихъ растеній. Атмосферный воздухъ и особенно содержащійся въ немъ кислородъ дѣйствуютъ хемотропически на корни и пыльцевыя трубки (аэротропизмъ), и тѣ и другія растутъ по направленію къ мѣстамъ съ меньшимъ напряженіемъ кислорода. Положительно гидротропическими, т.-е. направляющимися при своемъ ростѣ къ мѣстамъ съ большимъ содержаніемъ воды, представляются корни и грибные мицеліи; напротивъ, части грибовъ, несущія спорангіи, растутъ по направленію отъ болѣе влажныхъ мѣстъ. Образованіе наростовъ вслѣдствіе уколовъ насѣкомыхъ можетъ быть также разсматриваемо какъ хемотропическое вліяніе раздраженія.

Хемотактичными, по изслѣдованіямъ Пфеффера и др., оказываются сѣмянныя нити папоротниковъ, лиственныхъ мховъ, многія бактеріи, двигающіяся при помощи бичей, инфузоріи и другіе организмы или также клѣтки и одноклѣточные организмы, перемѣщающіеся подобно амёбамъ. Хемотактическое притяженіе сѣмянныхъ нитей веществами, находящимися въ женскихъ воспроизводительныхъ органахъ, играетъ при процессахъ оплодотворенія у этихъ низшихъ растеній, а также, вѣроятно, и у высшихъ организмовъ важную роль. Для изученія этихъ явленій Пфефферъ наполнялъ стеклянныя капиллярныя трубочки подлежащимъ изслѣдованію растворомъ и помѣщалъ ихъ въ воду съ плавающими въ ней организмами. По истеченіи короткаго времени послѣдніе проникали въ отверстія капилляровъ, если они относились положительно хемотактически къ тѣламъ, находящимся въ трубочкахъ.

На сѣмянныя нити папоротниковъ дѣйствуютъ притягивающимъ образомъ нейтральныя соли яблочной кислоты, а на сѣмянныя нити лиственныхъ мховъ растворы тростниковаго сахара. Другіе организмы привлекаются хлористымъ каліемъ, пептономъ, мяснымъ экстрактомъ. Каждое вещество, чтобы быть способнымъ притягивать, должно находиться въ слабомъ растворѣ *). Если концентрація слишкомъ велика, то положительный хемотаксисъ превращается въ отрицательный; алкоголь, кисло и щелочно реагирующія жидкости дѣйствуютъ всегда отталкивающимъ образомъ; всѣ испытанные по отношенію къ нимъ организмы оказались съ отрицательнымъ хемотаксисомъ.

Гидро и аэротаксисъ представляютъ отдѣльные виды хемотаксиса. Плазмодіи Fuligo varians, пока они молоды, направляются къ мѣстамъ съ большимъ содержаніемъ воды; когда же начинается плодообразованіе, движеніе получаетъ обратный характеръ; бактеріи, смотря по ихъ потребности въ кислородѣ, собираются на мѣстахъ съ большимъ или меньшимъ напряженіемъ кислорода (ср. гл. 14, § 4).

Подъ хемотаксисъ можетъ быть подведено также массовое скопленіе лейкоцитовъ въ тѣхъ мѣстахъ организма высшихъ животныхъ, въ которыхъ собираются большія количества продуктовъ распада проникшихъ бактерій. Лейкоциты дѣлаются тамъ причиной нагноенія. Также привлеченіе мухъ и ихъ личинокъ гніющимъ мясомъ и т. п. или привлеченіе самцовъ самками, простирающееся часто на значительное отдаленіе, можетъ быть разсматриваемо, какъ хемотаксисъ. Какъ фототаксисъ переходитъ въ ощущеніе свѣта, такъ точно существуютъ постепенные переходы отъ хемотаксиса къ настоящему обонянію. Провести границы между разсмотрѣнными здѣсь явленіями раздраженія и явленіями, вызванными воздѣйствіемъ на чувствительные первы, очень трудно.

И одностороннее дѣйствіе тепла производитъ сходныя дѣйствія, обозначаемыя термотропическими и термотаксическими. Именемъ реотропизма называютъ явленіе роста нѣкоторыхъ корней, а также плазмодія Fuligo, движенія въ направленіи, противоположномъ току воды. Одностороннее прикосновеніе тоже вызываетъ тропическія и таксическія дѣйствія (стереотропизмъ и стереотаксисъ). Изъ разряда послѣднихъ я приведу одно; сѣмянныя нити Periplaneta orientalis (чернаго таракана), очутившись на твердой поверхности, больше не сходятъ съ нея, а безпрерывно вращаются на ней въ одномъ и томъ же направленіи. Тѣ же явленія наблюдаются на сѣмянныхъ нитяхъ лягушекъ. Вѣроятно, подобное встрѣчается и у другихъ сѣмянныхъ нитей, и, можетъ быть, это полезно при необходимомъ для оплодотворенія проникновеніи сѣмянныхъ нитей въ яйцо. Но удивительнѣе всего вліяніе постояннаго гальваниче-

*) Если вода, въ которой плаваютъ подвижные организмы, содержитъ нѣкоторое количество раздражающаго вещества, то послѣднее, чтобы дѣйствовать притягивающимъ образомъ, должно имѣть въ стеклянныхъ трубочкахъ большую концентрацію. При этомъ обнаруживается нѣчто подобное тому, что наблюдается при Веберовскомъ законѣ, приведенномъ въ § 3; излишекъ концентраціи долженъ быть приблизительно пропорціоналенъ концентраціи окружающей воды.

скаго тока на организмы всякаго рода (гальванотаксисъ). Какъ впервые наблюдалъ L. Hermann, головастики и зародыши рыбъ въ водѣ, черезъ которую пропускается постоянный токъ, устанавливаются такимъ образомъ, что ихъ оральный конецъ обращается по направленію къ аноду. Подобныя наблюденія были сдѣланы и надъ другими высшими животными. У низшихъ организмовъ, инфузорій, амёбъ и т. п. гальванотаксисъ тщательно изслѣдовался Ферворномъ. Парамеціи собираются на катодѣ, къ которому онѣ направляются, слѣдуя току. Амебы тоже сползаются въ катоду. Напротивъ, многія жгутиковыя инфузоріи двигаются къ аноду, обративши впередъ свой жгутиковый конецъ. Нѣкоторыя рѣснитчатыя инфузоріи обнаруживаютъ трансверсальный (поперечный) гальванотаксисъ, устанавливаясь перпендикулярно къ направленію тока. Идетъ ли здѣсь дѣло о раздраженіяхъ сократимаго вещества и насколько имѣютъ при этомъ значеніе химическія дѣйствія вслѣдствіе электролиза, неизвѣстно.

5. Явленія раздраженія вслѣдствіе измѣненія тургора. Большое сходство съ явленіями раздраженія, происходящими вслѣдствіе сокращенія, обнаруживаетъ родъ движеній, наблюдаемыхъ у нѣкоторыхъ высшихъ растеній. Движенія железистыхъ волосковъ и листа Drosera rotundifolia, происходящія при дотрогиваніи до волосковъ, были уже упомянуты (см. рис. 72, стр. 222). Совершенно подобныя явленія обнаруживаетъ листъ другого насѣкомояднаго растенія Dionaea muscipula (рис. 112). Листъ имѣетъ длинный черешокъ, снабженный боковыми крыльями, и листовую пластинку, состоящую изъ двухъ симметричныхъ половинъ съ острыми иглами на краяхъ. На верхней поверхности каждой половины листа сидятъ по три волоска, очень чувствительныхъ къ раздраженіямъ. Если дотронуться до волосковъ, то половинки листа смыкаются, причемъ боковыя иглы одной стороны ложатся въ промежутки между иглами другой. Насѣкомое, дотронувшееся такимъ образомъ до волоска, является пойманнымъ.

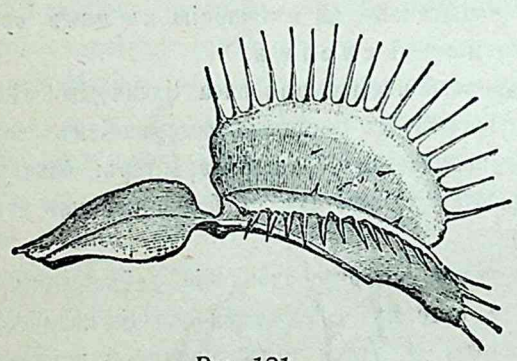


Рис. 121.
Листъ *Dionaea muscipula* Верхняя поверхность обѣихъ половинъ листа несетъ железы, отдѣляющія пищеварительный секретъ, и на каждой половинѣ по три, очень чувствительныхъ къ раздраженію, волоска; при дотрогиваніи до нихъ половинки листа смыкаются, и насѣкомое такимъ образомъ захватывается.

Движеніе совершается вслѣдствіе быстраго выхожденія воды изъ клѣтокъ, лежащихъ на верхней сторонѣ срединнаго нерва, что влечетъ за собою уменьшеніе тургора этихъ клѣтокъ. То же самое и при удивительныхъ движеніяхъ мимозы, Mimosa pudica (рис. 113). Каждый листовый черешокъ этого растенія несетъ четыре черешка второго порядка, на нихъ сидятъ листочки. Мѣста выхожденія главныхъ черешковъ, черешковъ второго порядка и листочковъ утолщены въ видѣ сочленовныхъ валиковъ. При дотрогиваніи до нихъ или при сотрясеніи всего растенія черешки вслѣдствіе своей тяжести опускаются книзу, а листочки складываются другъ съ другомъ верхними сторонами. На нижней сторонѣ сочлененія черешковъ и на верхней сочлененія листочковъ сидятъ клѣтки, богатыя водою и очень раздражимыя. Изъ нихъ, вслѣдствіе раздраженія, вода выходитъ въ межклѣточныя пространства. Онѣ теряютъ свой тургоръ. Вслѣдствіе этого черешки подчиняются дѣйствію тяжести, въ то время какъ легкіе листочки, вслѣдствіе тургора нижнихъ клѣтокъ, захлопываются кверху. Достойно замѣчанія, что движеніе въ случаѣ, если раздраженіе дѣйствуетъ не на сочленовые валики, а на конецъ черешка второго порядка, медленно переходитъ съ одной подвижной части на другую, сначала на листочки того же бокового черешка, оттуда на другіе боковые черешки и, наконецъ, на главный черешокъ.

Явленіе «проведенія раздраженія» можно наблюдать на всѣхъ болѣе крупныхъ образованіяхъ, доступныхъ раздраженію. То, что проводится, не есть раздраженіе, но измѣненіе,

вызванное раздраженіемъ, возбужденіе, которое само не связано ни съ какимъ видимымъ измѣненіемъ въ возбужденномъ органѣ, но вызываетъ его тогда, когда передается соотвѣтственному органу. Яснѣе всего обнаруживается это при раздраженіи нервныхъ волоконъ; они очень возбудимы, но возбужденіе ихъ обнаруживается въ томъ случаѣ, когда оно переносится на соединенный съ ними органъ, напр., мышцу. Также происходитъ и въ растительныхъ корняхъ, верхушки которыхъ геотропически и гидротропически раздражимы, раздраженіе же, однако, обнаруживается только въ нѣкоторомъ разстояніи отъ верхушки въ видѣ искривленія на мѣстахъ, которыя сами нечувствительны къ геотропическимъ раздраженіямъ или къ раздраженіямъ содержащаго пары воздуха. Срав. сказанное о геотропизмѣ въ § 4.

Для распространенія возбужденія безусловно необходима непрерывность возбудимой протоплазмы. Поэтому у одноклѣточныхъ образованій возбужденіе, возникшее на какомъ нибудь мѣстѣ, всегда распространяется черезъ всю протоплазму клѣтки. Но оно можетъ переходить также съ клѣтки на клѣтку, если протоплазма ихъ непосредственно соприка-

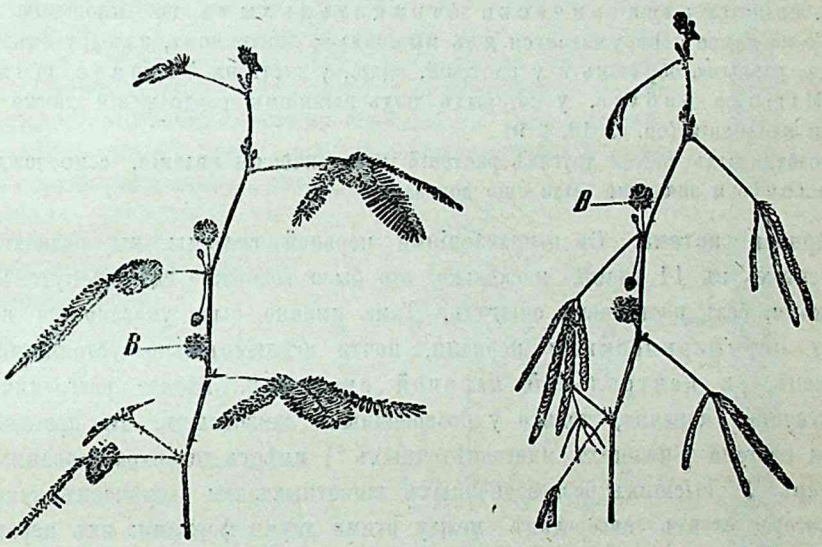


Рис. 113.
Вѣтвь *Mimosa pudica*. Слѣва въ нераздраженномъ, справа въ раздраженномъ состояніи. Главные и боковые черешки въ послѣднемъ опущены, листочки сомкнуты кверху.

сается другъ съ другомъ или если отдѣльныя клѣтки соединены между собою протоплазматическими мостиками. Этотъ способъ проведенія возбужденія особенно распространенъ у гладкихъ мышечныхъ волоконъ. Еще рѣзче выражено явленіе проведенія возбужденія у образованій линейной формы. Если эта форма выражена очень ясно, то образованію приписывается волокнистое строеніе; въ случаѣ, если волокна окружены непроводящими оболочками, какъ это имѣетъ мѣсто у поперечно-полосатыхъ мышцъ и у нервныхъ волоконъ, то распространеніе возбужденія можетъ происходить только по длинѣ; оно не передается съ возбужденныхъ волоконъ на сосѣднія, но остается изолированнымъ въ возбужденныхъ волокнахъ. Проведеніе возбужденія тотчасъ дѣлается невозможнымъ, какъ только нарушается какимъ-бы то ни было образомъ, разрѣзомъ, раздавливаніемъ или инымъ раненіемъ непрерывность проводящаго вещества *).

*) Въ развѣтвленныхъ мышечныхъ клѣткахъ сердца, прилегающихъ своими вѣтвями другъ къ другу, всякое возбужденіе, гдѣ бы оно ни возникло, распространяется черезъ всѣ связанныя между собою клѣтки; ихъ можно разсматривать какъ одноклѣточное, очень большое, неправильно построенное мышечное волокно. Достойно вниманія, что проводящее возбужденіе вещество растительныхъ корней обнаруживаетъ волокнистое строеніе, до нѣкоторой степени на-

Если возбудимое вещество въ то же время и сократимо, какъ это имѣетъ мѣсто въ мышечныхъ волокнахъ, тогда возбужденіе связано съ одновременнымъ укороченіемъ тѣхъ мѣстъ, до которыхъ доходитъ возбужденіе. Если длинное, поперечнополосатое волокно возбуждается на ограниченномъ мѣстѣ, то волна сокращенія распространяется отъ мѣста раздраженія въ обоихъ направленіяхъ до концовъ волокна. Скорость проведенія равняется у свѣжихъ лягушечныхъ мышцъ приблизительно 4 м. въ секунду.

Въ нервныхъ волокнахъ, въ которыхъ возбужденіе не обнаруживается никакимъ видимымъ признакомъ, скорость его распространенія Гельмгольцъ измѣрилъ такимъ образомъ, что онъ раздражалъ волокно, связанное съ мышцей, одинъ разъ очень близко отъ послѣдней и непосредственно затѣмъ на большомъ разстояніи отъ нея и опредѣлялъ разницу во времени, протекавшемъ между раздраженіемъ и началомъ сокращенія. Онъ нашелъ для нервовъ лягушки скорость равную 24 м. въ секунду, если нервы имѣли комнатную температуру; при болѣе низкой температурѣ скорость была меньше, при болѣе высокой больше. Для нервовъ неповрежденнаго человѣческаго тѣла онъ нашелъ скорость, равной 33 м. въ секунду.

Процессъ возбужденія можно доказать и на совершенно изолированныхъ нервныхъ волокнахъ, такъ какъ онъ связанъ съ измѣненіями электрическихъ свойствъ. Во время прохожденія возбужденія по нервному волокну каждое мѣсто, находящееся въ состояніи возбужденія, является электрически отрицательнымъ по отношенію къ невозбужденному. То же самое обнаруживается и въ мышцахъ и, повидимому, и въ другихъ возбудимыхъ образованіяхъ, равнымъ образомъ и у растеній, напр., у листьевъ Dionaea muscipula и черешковъ Mimosa pudica, у которыхъ подъ вліяніемъ раздраженія также наступаютъ электрическія измѣненія (ср. гл. 18, § 9)

Для возбудимыхъ частей другихъ растеній электрическія явленія, сопровождающія возбужденіе, насколько я знаю, не были еще доказаны.

6. Нервная система. Съ отправленіями нервной системы мы познакомились въ главныхъ чертахъ въ 11 главѣ, насколько это было возможно сдѣлать путемъ наблюденій надъ кроликами, безъ постановки опытовъ. Тамъ именно было указано на важное различіе между периферическими нервами, почти исключительно состоящими изъ нервныхъ волоконъ, и центральной нервной системой. Рѣзкое разграниченіе между ними существуетъ, конечно, только у позвоночныхъ животныхъ. Въ противоположность имъ нервная система у низшихъ многоклѣточныхъ *) имѣетъ децентрализованный, диффузный характеръ. У высшихъ безпозвоночныхъ животныхъ мы встрѣчаемъ такое расположеніе ея, которое стоитъ посерединѣ между этими двумя формами: ихъ нервная система слагается изъ нѣкотораго числа большихъ или меньшихъ, связанныхъ между собою при помощи волоконъ, узловъ, называемыхъ гангліями, и изъ исходящихъ отъ нихъ нервовъ, составленныхъ изъ волоконъ и соотвѣтствующихъ периферической нервной системѣ позвоночныхъ животныхъ.

Нервная система содержитъ всегда два различныхъ другъ отъ друга элемента, нервныя волокна и нервныя клѣтки. У нѣкоторыхъ низшихъ многоклѣточныхъ она состоитъ изъ нѣжной сѣти развѣтвленныхъ клѣтокъ: но уже у медузъ мы находимъ на краю колокола вѣнецъ нервныхъ клѣтокъ, соединенныхъ между собою кольцеобразнымъ волокнистымъ шнуромъ; отъ него отходятъ нервныя волокна къ клѣткамъ мышцъ и эктодермы. Такимъ образомъ, мы видимъ здѣсь

поминающее нервныя волоконца. Подходящимъ объектомъ для наблюденія проведенія возбужденія являются рѣснитчатыя пластинки ктенофоръ (см. гл. 18, § 6). Отдѣльныя пластинки при посредствѣ протоплазмы реберъ, на которыхъ онѣ сидятъ, соединены между собой. Проведеніе, благодаря этому, совершается такимъ образомъ, что возбужденіе, начавшееся на одномъ концѣ, послѣдовательно передается каждой пластинкѣ. Если перерѣзать ребро между двумя пластинками или совершенно удалить одну изъ нихъ, то обѣ разъединенныя разрѣзомъ группы пластинокъ двигаются каждая сама по себѣ, независимо одна отъ другой. Движеніе начинается въ первой и продолжается до послѣдней пластинки каждой группы, но не переходитъ съ одной группы на другую.

*) У растеній и простѣйшихъ не находятъ никакихъ образованій, соотвѣтствующихъ нервамъ (ср., однако, предыд. прим.), однако, многіе протисты обладаютъ уже органами, близко стоящими къ органамъ чувствъ. Истинными нервами обладаютъ всѣ животныя, стоящія выше кишечнополостныхъ

уже первый намекъ на соединеніе клѣтокъ въ клѣточныя скопленія или ганглій. Въ качествѣ примѣра выраженной нервной системы второго рода можетъ служить нервная система рака, представленная на рис. 114. Соотвѣтственно симметрическому строенію тѣла рака рядъ ганглієвъ дѣлится у него на правый и лѣвый. Но дѣленіе неполное; ганглій сливаются другъ съ другомъ, и только слабыя зарубки намекаютъ на раздѣленіе. Яснѣе выражено это у насѣкомыхъ. Вслѣдствіе этого и продольные соединительные шнуры у нихъ удвоены; ганглій правой и лѣвой стороны соединены между собою волокнами (брюшная нервная цѣпочка).

Два передніе, обыкновенно и самые большіе ганглій сливаются у артроподъ въ одинъ большой ганглій, лежащій поверхъ глотки и соединенный двумя волокнистыми тяжами съ меньшимъ, расположеннымъ подъ глоткою (глоточное кольцо). Отъ этого большого надглоточнаго ганглія отходятъ нервы къ высшимъ органамъ чувствъ (глазамъ, органу слуха). Такъ какъ послѣдніе у позвоночныхъ получаютъ свои нервы изъ мозга, то, вслѣдствіе аналогіи, и эти ганглій безпозвоночныхъ называютъ также мозгомъ.

И у позвоночныхъ животныхъ часть нервныхъ клѣтокъ остается отдѣленной; многія изъ нихъ подобно тому, какъ это наблюдается у безпозвоночныхъ, образуютъ двойной рядъ ганглієвъ, соединенныхъ между собою продольными пучками и лежащихъ на вентральной сторонѣ позвоночнаго столба. Этой нервной системѣ даютъ названіе симпатической. Ганглій симпатическаго нерва связаны пучками волоконъ съ спиннымъ мозгомъ; другія, выходящія изъ нихъ волокна, смѣшиваются съ нервами, берущими начало изъ головного или спиннаго мозга. И въ этихъ периферическихъ развѣтвленіяхъ находятся разсѣянные ганглій, особенно въ брюшныхъ внутренностяхъ; нѣкоторые изъ нихъ имѣютъ микроскопическую величину. Поэтому мы можемъ сказать, что и у позвоночныхъ животныхъ часть нервной системы находится въ такомъ состояніи, которое является единственнымъ у безпозвоночныхъ.

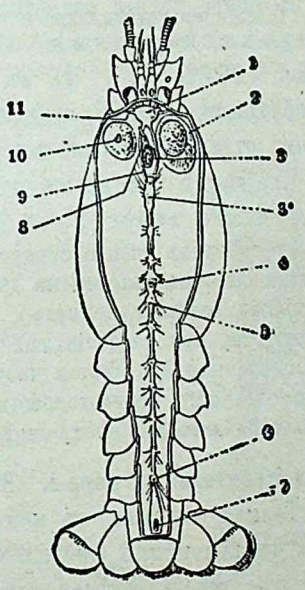


Рис. 114.
Нервная система рака. 1—головной ганглій; 2—зеленая железа; 3—пищеварительная трубка (перерѣзана); 3'—нижнеглоточный ганглій; 4—артерія (перерѣзана); 5—шестой грудной ганглій; 6—послѣдній брюшной ганглій; 7—задній проходъ; 8—ротовой—желудочный нервъ; 9—глоточное кольцо; 10—зеленая железа; 11—усиковый нервъ. Первные стволы перерѣзаны.

7. Нервныя волокна и нервныя клѣтки. Периферическіе нервы состоятъ изъ многихъ нѣжныхъ волоконъ или нитей, соединенныхъ въ пучки и связанныхъ между собою соединительнотканными оболочками. Каждое изъ этихъ волоконъ, изслѣдуемое при сильномъ увеличеніи, оказывается состоящимъ изъ слѣдующихъ частей (см. рис. 115): глубже всего лежитъ состоящій изъ нѣжныхъ волоконецъ (фибрилей) осевой цилиндръ, тянущійся безъ перерыва черезъ весь, иногда очень длинный, нервъ; осевой цилиндръ окруженъ мозговой оболочкой, прерываемой въ правильныхъ промежуткахъ такъ называемыми перемычками Ранвье (*r*), отрѣзки мозговой оболочки, лежащія между двумя перемычками, насѣчками (*i*), подраздѣляются на меньшіе сегменты; кромѣ того, между каждыми двумя перемычками Ранвье видно ядро (*n*) и вблизи него мелкозернистая масса (*p*). Наконецъ, все окружено стекловидной, безструктурной Шванновской оболочкой или неврилеммой (*s*). Въ нѣкоторыхъ нервахъ мозговая оболочка или слабо развита или совер-

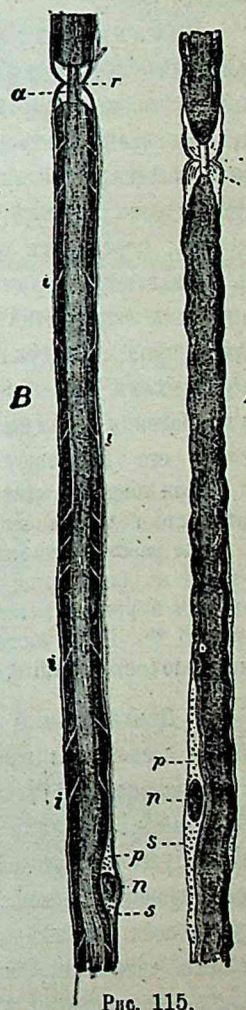


Рис. 115.
Нервныя волокна. *a*—осевой цилиндръ; *h*—ядра; *p*—нижняя зернистая масса вокругъ ядра; *v*—перемычки *Ранвье*; *i*—насѣчки въ мозговой оболочкѣ.

шенно отсутствуетъ; безмякотныя волокна отражаютъ меньше свѣта, чѣмъ мякотныя; поэтому они, въ противоположность послѣднимъ, кажущимся болѣе бѣлыми, называются сѣрыми волокнами.

Каждое нервное волокно беретъ свое начало въ нервной клѣткѣ. У нѣкоторыхъ нервовъ эти клѣтки лежатъ на периферіи; это такъ называемыя чувствительныя клѣтки. Всѣ другія мы называемъ нервными клѣтками въ узкомъ смыслѣ слова. Каждое нервное волокно, на противолежащемъ концѣ, послѣ потери своей обкладки, путемъ дѣленія осевого цилиндра переходитъ въ такъ называемое нервное окончаніе. Нервную клѣтку съ волокномъ и окончаніемъ называютъ нейрономъ. Нейроны или соприкасаются другъ съ другомъ своими окончаніями, или же окончаніе одного неврона обхватываетъ клѣтку другого. Изъ образующихся такимъ образомъ нейроновыхъ цѣпей составляется нервная система высшаго животнаго, какъ бы ни было запутано его строеніе.

Нервныя клѣтки относительно велики и имѣютъ ясное ядро и ядрышко. Форма ихъ весьма различна; нѣкоторыя изъ нихъ почти круглы, другія эллипсоидной, большинство же неправильной многоугольной формы. Онѣ имѣютъ одинъ или два или чаще еще больше отростковъ. На рис. 116 и 117 представлены двѣ различныя формы такихъ клѣтокъ. Большая часть отростковъ (рис. 116, 3) имѣетъ такой же видъ, какъ и протоплазма клѣтокъ; они мелкозернисты, различной толщины, многократно дѣлятся, и, наконецъ, переходятъ все въ болѣе тонкія развѣтвленія, подобно развѣтвленіямъ дерева. Ихъ называютъ протоплазматическими отростками или дендритами. Одинъ изъ отростковъ (рис. 116 и 117, 2) въ противоположность другимъ имѣетъ гладкіе края, прозраченъ, обладаетъ нѣжною продольною исчерченностью и равномѣрнымъ поперечникомъ. На нѣкоторомъ отдаленіи отъ клѣтки, онъ большею частью, получаетъ мозговую оболочку и дѣлается тогда осевымъ цилиндромъ нервнаго волокна. Поэтому его называютъ осевымъ отросткомъ или нейритомъ.

Если нервная клѣтка имѣетъ одинъ только отростокъ, то онъ всегда бываетъ нейритомъ; очень часто недалеко отъ клѣтки онъ раздѣляется на двѣ вѣтви *).

Мы разсматриваемъ нервныя волокна (нейриты), какъ части нервныхъ клѣтокъ, сильно выросшія въ длину; они образуются, при развитіи животныхъ, какъ клѣточные выросты. Послѣ перерѣзки нервнаго волокна отдѣленная отъ клѣтки часть умираетъ, она перерождается (дегенерируется) **). Если части перерѣзаннаго нерва хорошо соприкасаются, то можетъ произойти возстановленіе (регенерація), вѣроятно, благодаря росту отрѣзковъ, оставшихся въ связи съ клѣтками.

8. Двигательные и чувствительные нервы. Въ нервныхъ волокнахъ проводникомъ является осевой цилиндръ. Тонкая видимая въ немъ полосатость указываетъ на то, что онъ составленъ изъ большого числа тонкихъ фибриллей. Когда осевой цилиндръ распадается на окончанія, то каждое, идущее теперь отдѣльно, волоконце можетъ взять на себя проведеніе возбужденія, исходящаго изъ нераздѣльнаго волокна; точно также каждое волоконце можетъ проводить вызванное въ немъ раздраженіемъ возбужденіе къ волокну, принимающему на себя дальнѣйшее проведеніе. Первый случай, между прочимъ, относится къ тѣмъ нервнымъ волокнамъ, которыя соединены съ мышцами. Микроскопическое изслѣдованіе поперечно-полосатыхъ мышечныхъ волоконъ показываетъ, что неврилемма сливается съ

*) Клѣтки съ двумя отростками, являющимися нейритами, встрѣчаются иногда по ходу периферическаго нерва. Мы не можемъ входить здѣсь подробнѣе въ гистологическое обсужденіе отдѣльныхъ клѣточныхъ формъ и отростковъ.

**) Перерожденіе, вѣроятно, обусловливается тѣмъ, что ядро нервной клѣтки не можетъ больше оказывать вліяніе на сохраненіе нормальнаго обмѣна въ невритѣ (см. гл. 13, § 3). Клѣточныя ядра, видимыя на нервныхъ волокнахъ (рис. 114 *n*), не могутъ взять на себя этой функціи, такъ какъ они принадлежатъ оболочкѣ. Когда осевой цилиндръ уже вполнѣ образовался, клѣтки оболочки облегаютъ его, обростаютъ его, но функціонально остаются отдѣльными отъ него.

сарколеммой и что осевой цилиндръ своими окончаніями непосредственно примыкаетъ къ сократимому веществу мышцы. Такимъ образомъ, устанавливается соприкосновеніе обоихъ возбудимыхъ веществъ, что необходимо для передачи возбужденія отъ одного къ другому. То же самое происходитъ при соединеніи нервовъ съ гладкими мышечными волокнами и железами.

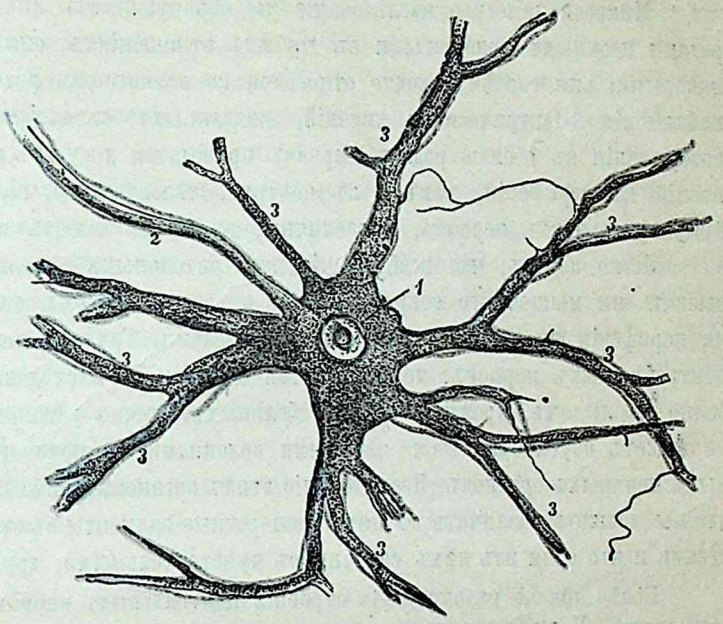


Рис. 116. Нервная клѣтка изъ сѣраго вещества спиннаго мозга быка. 1—ядро; 2—осевой отростокъ или нейритъ; 3—протоплазматическіе отростки или дендриты.

Если раздражать подобные нервы, все равно будутъ ли они въ связи съ нервными клѣтками, ихъ произведшими, или связь эта будетъ нарушена, возбужденіе, возникшее въ нервныхъ волокнахъ, можетъ перейти на мышцы или железы и вызвать въ нихъ или сокращеніе или отдѣленіе. Нервы такого рода называются поэтому двигательными, если они передаютъ возбужденіе мышцамъ, секреторными, если передаютъ его железамъ. Въ обоихъ случаяхъ органы, на которые переносится возбужденіе, лежатъ на периферіи; возбужденіе, чтобы проявить свое дѣйствіе, должно быть проведено отъ центра къ периферіи. Поэтому ихъ называютъ также центробѣжными нервами.

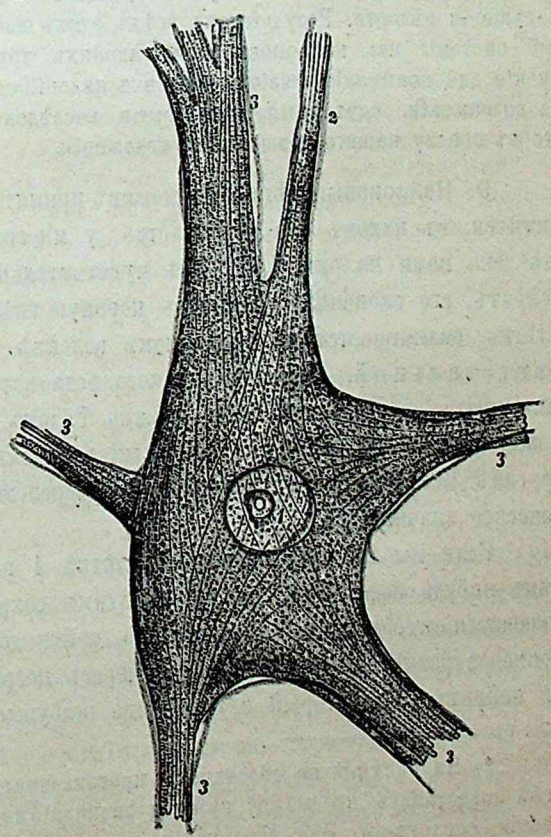


Рис. 117. Нервная клѣтка изъ сѣраго вещества спиннаго мозга теленка. 1—ядро; 2—осевой отростокъ или нейритъ; 3—протоплазматическіе отростки или дендриты.

Напротивъ, если раздражать волокна, периферическіе концы которыхъ заложены въ кожѣ или въ органахъ чувствъ, то при извѣстныхъ условіяхъ, подъ вліяніемъ раздраженія, можетъ произойти также мышечное сокращеніе или железистое отдѣленіе. Но это происходитъ только тогда, когда раздражаемые нервы соединены еще съ центральными органами, а эти, при посредствѣ центробѣжныхъ нервовъ, съ мышцами или железами. Дѣйствіе происходитъ, слѣдовательно, окольнымъ путемъ, а не непосредственно, какъ это имѣетъ мѣсто при нервахъ, проводящихъ въ центробѣжномъ направленіи. Къ этому явленію мы еще возвратимся.

Но возбужденіе, кромѣ того, можетъ, послѣ перехода его на центральный органъ, произвести такое дѣйствіе, что ощущенія доходятъ до сознанія. Поэтому мы называемъ эти нервы чувствительными, а такъ какъ возбужденіе,

чтобы имѣть результатъ, должно быть проведено къ центру, то также центростремительными.

Микроскопическое изслѣдованіе не обнаруживаетъ никакихъ различій между обоими родами нервныхъ волоконъ; и въ другихъ отношеніяхъ они оказываются совершенно одинаковыми; они совсѣмъ сходно относятся ко всякаго рода раздраженіямъ. Наконецъ, путемъ наблюденія электрическихъ явленій, связанныхъ съ возбужденіемъ, было доказано, что возбужденія въ обоихъ родахъ нервовъ проводятся двусторонне, т.-е. какъ по направленію къ периферіи, такъ и къ центру. Слѣдовательно, если дѣйствія, вызываемыя возбужденіемъ этихъ нервовъ, и различны, то это не можетъ зависѣть отъ различія волоконъ.

Легко понять, что возбужденіе чувствительныхъ нервовъ не можетъ непосредственно вызвать ни мышечнаго сокращенія, ни отдѣленія железы, такъ какъ эти нервы не связаны на периферіи ни съ мышцами, ни съ железами. Труднѣе понять, почему, при раздраженіи центробѣжныхъ нервовъ, не появляется ощущеній. Изслѣдованіями на животныхъ, а особенно на людяхъ, преимущественно больныхъ, точно установлено, что процессъ ощущенія не можетъ обусловливаться нервными волокнами, а исключительно элементами центральныхъ нервныхъ органовъ. Изслѣдованіе этихъ органовъ приводитъ насъ дальше къ убѣжденію, что мы должны различать въ нихъ разнородные элементы съ отличными другъ отъ друга свойствами и что одни изъ нихъ связаны съ чувствительными, другіе съ двигательными нервами.

Болѣе точное разсмотрѣніе строенія центральныхъ нервныхъ органовъ выходитъ за рамки этой книги. У высшихъ животныхъ оно настолько сложно, что мы должны ограничиться лишь указаніемъ наиболѣе важныхъ главныхъ чертъ. Наши знанія о строеніи центральныхъ нервныхъ органовъ значительно подвинулись впередъ благодаря новымъ успѣхамъ микроскопической техники. При этомъ много содѣйствовало выясненію сравненіе съ болѣе простыми органами низшихъ животныхъ, равно какъ и изученіе развитія нервной системы и явленій перерожденія послѣ нарушенія цѣлости. Результатомъ всѣхъ этихъ изслѣдованій является ученіе о построеніи нервной системы изъ нейроновъ, прилегающихъ другъ къ другу въ видѣ нейроновыхъ цѣпей; это ученіе для пониманія физіологическихъ явленій сдѣлалось очень цѣннымъ. Поэтому мы, несмотря на возраженія, сдѣланныя нѣкоторыми изслѣдователями противъ ученія о нейронѣ, положимъ его въ основу нашего дальнѣйшаго изложенія.

9. Нейроновыя цѣпи. Мы можемъ принять за простѣйшую схему нервной системы тотъ видъ ея, въ какомъ она встрѣчается у многихъ низшихъ животныхъ и какъ она представлена нами на рис. 118. Изъ чувствительной клѣтки, заложенной въ кожѣ, выходитъ нейритъ, его окончанія оплетаютъ нервную клѣтку. Нейритъ, выходящій изъ этой послѣдней клѣтки, оканчивается въ мышечномъ волокнѣ. Поэтому мы назовемъ эту нервную клѣтку двигательной. Соединенія такого рода встрѣчаются и въ нервной системѣ высшихъ животныхъ, построенной болѣе сложно. Рядомъ съ этимъ существуетъ еще другой родъ связи между нейронами, а именно концевыя развѣтвленія двухъ нейроновъ соединяются другъ съ другомъ. Вслѣдствіе этого цѣпеобразное расположеніе нейроновъ пріобрѣтаетъ важное физіологическое значеніе *).

Если мы въ чувствительной клѣткѣ 1 вызовемъ раздраженіе уколомъ иголкой или чѣмъ-нибудь подобнымъ, то мы замѣтимъ сокращеніе мускула (7). Возбужденіе, вызванное раздраженіемъ, должно, слѣдовательно, дойти до нервной клѣтки (4) черезъ нейритъ (2) и концевое развѣтвленіе (3) и тамъ, черезъ посредство клѣтки, должно быть перенесено на нейритъ (5), который и проводитъ возбужденіе къ мышцѣ. Подобное передаточное раз-

*) На рисункѣ не обозначены протоплазматическіе отростки нервныхъ клѣтокъ. Должно себѣ представить, что между ними и окончаніями другого нейрита существуютъ протоплазматическія соединенія. Эти соединенія, равно какъ и соединенія между двумя нервными окончаніями у высшихъ животныхъ не могутъ быть доказаны съ точностью. Но они являются физіологическою необходимостью и должны поэтому, если пока и предположительно, быть допускаемы какъ существующія.

драженіе центробѣжнаго волокна со стороны центростремительнаго мы называемъ рефлексомъ. Если, какъ въ нашемъ случаѣ, возбужденіе съ чувствительнаго нерва переносится на двигательный, то возникаетъ отраженное (рефлекторное) движеніе. Но возбужденіе можетъ быть перенесено на секреторный нервъ; тогда мы имѣемъ отраженное отдѣленіе (рефлекторную секрецію). Существенное въ обоихъ случаяхъ то, что возбужденіе съ центростремительнаго (чувствительнаго) волокна переносится на центробѣжное (двигательное или секреторное).

Происходитъ ли у животнаго съ столь простой нервной системой при опытѣ съ раздраженіемъ чувствительнаго волокна еще что-нибудь, кромѣ отраженной передачи, мы не знаемъ. Мы знаемъ изъ самонаблюденій, что въ случаяхъ раздраженія чувствительныхъ волоконъ или чувствительныхъ клѣтокъ, отъ которыхъ отходятъ первыя, появляются сознаваемыя ощущенія. Но остается неизвѣстнымъ, имѣетъ ли это мѣсто и утѣхъ животныхъ, а также неизвѣстно, всѣ ли движенія, наблюдаемыя нами у нихъ, происходятъ описаннымъ образомъ, слѣдовательно, являются рефлексами или же они могутъ происходить и безъ раздраженія извнѣ.

Что и у высшихъ животныхъ, имѣющихъ болѣе сложно построенную нервную систему, совершаются рефлексы, было уже сказано. У нихъ, кромѣ соединеній между чувствитель-

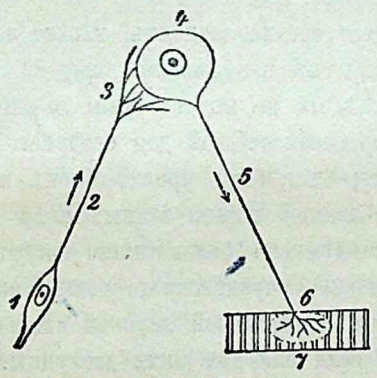


Рис. 118.
Схема простой нервной системы. 1—чувствительная клѣтка; 2—нейритъ; 3—нервное окончаніе; 4 двигательная нервная клѣтка; 5 - ея нейритъ; 6—ея окончаніе; 7—мышца.

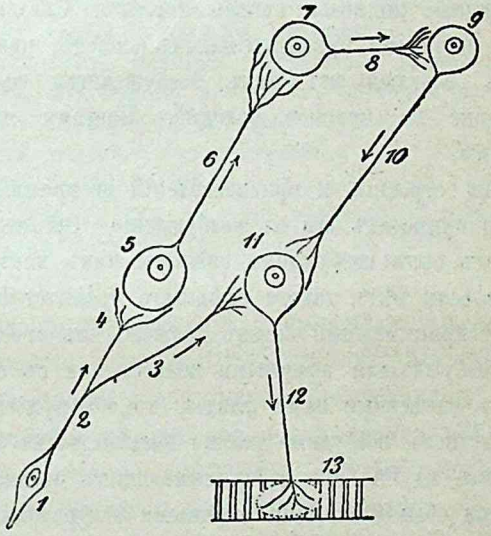


Рис. 119.
Схема болѣе сложной нервной системы. 1—чувствительная клѣтка; 2 - нейритъ, распадающійся на двѣ вѣтви, 3 и 4; 5—нервная клѣтка спинного мозга; 6—ея нейритъ; 7 и 9—нервныя клѣтки головного мозга; 11 - двигательная клѣтка спинного мозга; 12—ея нейритъ; 13 мышца.

ными волокнами и двигательными нервными клѣтками существуютъ еще соединенія высшаго порядка, составленныя тоже изъ нейроновъ. У позвоночныхъ животныхъ до сихъ поръ одни нами разсмотрѣнныя прямыя соединенія чувствительныхъ волоконъ и двигательныхъ нервныхъ клѣтокъ находятся въ большомъ числѣ въ спинномъ мозгу. Кромѣ того, отъ него идутъ къ головному мозгу нейроновыя цѣпи высшаго порядка. Если мы попытаемся эти сложные проводящіе пути свести къ возможно простой схемѣ, то она представится приблизительно въ такомъ видѣ, какъ это изображено нами на рис. 119. Клѣтки 5 и 11 лежатъ въ спинномъ мозгу, клѣтки 7 и 9 въ головномъ. Спеціально для высшихъ позвоночныхъ животныхъ и особенно для человѣка опытами и наблюденіями на больныхъ точно установлено, что только въ головномъ мозгу и особенно въ многочисленныхъ клѣткахъ сѣраго вещества мозговой коры, одѣвающей, подобно мантіи, бѣлое веще-

ство мозга, составленное изъ нервныхъ волоконъ, происходятъ тѣ процессы, которые связаны съ состояніями сознанія. Если этихъ клѣтокъ нѣтъ или соединенія съ ними, положимъ, перерѣзкой нейритовъ 6 и 10, уничтожены, то возбужденіе, возникшее вслѣдствіе раздраженія чувствительной клѣтки 1, по пути 2, 3 можетъ дойти до двигательной клѣтки 11, а оттуда въ мышцы. Мы имѣемъ въ этомъ случаѣ чисто отраженное движеніе. Но если всѣ клѣтки и ихъ соединенія сохранены, тогда возбужденіе можетъ пойти и по пути 5, 6, 7 къ мозговой корѣ и обусловить тамъ появленія сознательнаго ощущенія, или возбужденіе, возникшее неизвѣстнымъ образомъ въ клѣткѣ 9, можетъ вызвать въ мышцѣ 13 движеніе, которое, смотря по тому, связано ли оно съ процессомъ сознанія, называемымъ нами волей, или нѣтъ, обозначается произвольнымъ или непроизвольнымъ. Объ этомъ дальше въ § 12 еще будетъ рѣчь.

10. Специфическія энергіи. Нервные концевые аппараты, заложенные въ различныхъ мѣстахъ периферіи, неодинаково чувствительны къ различнаго рода раздраженіямъ. Заложенные въ кожѣ возбуждаются давленіемъ, теплотою, холодомъ; въ глазу—свѣтомъ. Поэтому они существенно отличаются отъ нервныхъ волоконъ, отъ нихъ отходящихъ. Послѣднія не могутъ быть вообще возбуждены свѣтомъ или постояннымъ давленіемъ, но сильными и быстрыми колебаніями давленія. То же относится и къ другимъ раздраженіямъ, дѣйствующимъ на различные концевые органы нервовъ. Слѣдовательно, органы, связанные съ периферическими началами чувствительныхъ нервовъ, приспособлены къ специфическимъ раздраженіямъ. Каждый изъ нихъ возбуждается особымъ родомъ воздѣйствія и переноситъ возбужденіе на нервное волокно. Поэтому мы называемъ ихъ воспринимающими органами.

Отъ строенія и приспособленій воспринимающаго органа зависитъ, какого рода раздраженіе приводитъ его въ возбужденіе. Органъ, покрытый непрозрачной средой, понятно, не можетъ быть возбужденъ свѣтомъ, такъ какъ послѣдній не въ состояніи до него дойти. Но даже если нѣтъ такого внѣшняго препятствія, предназначенный для свѣтового раздраженія воспринимающій органъ долженъ, въ своемъ строеніи, быть приспособленъ къ тому, чтобы возбуждаться эфирными колебаніями съ опредѣленной длиной волны. Если мы разсмотримъ извѣстные намъ факты, то обнаружится слѣдующее: большинство воспринимающихъ органовъ возбудимо только воздѣйствіемъ совершенно опредѣленнаго рода. Напротивъ, всѣ нервы, идущіе отъ воспринимающихъ органовъ къ центральной нервной системѣ, возбуждаются обыкновенными нервными раздраженіями, если они для нихъ доступны. Но какимъ бы путемъ ни вызывалось возбужденіе, путемъ ли специфическаго раздраженія со стороны воспринимающаго органа или путемъ какого-либо другого раздраженія, непосредственно дѣйствующаго на нервъ, возбужденіе каждаго нерва имѣетъ всегда строго опредѣленное дѣйствіе, только даннымъ нервомъ вызываемое. Всякое возбужденіе зрительныхъ нервовъ обусловливаетъ ощущеніе свѣта, всякое возбужденіе слуховыхъ нервовъ—звуковыя ощущенія и т. д. Поэтому говорятъ, что каждому изъ этихъ нервовъ присуща специфическая энергія.

Фактъ возникновенія свѣтовыхъ ощущеній при электрическомъ или механическомъ раздраженіи зрительныхъ нервовъ и звуковыхъ ощущеній при такомъ же раздраженіи слуховыхъ нервовъ показываетъ, что то, что проводится по этимъ нервамъ къ мозгу, не представляетъ ни эфирныхъ, ни звуковыхъ колебаній. До мозга доходитъ только то, что мы назвали возбужденіемъ, все равно—было ли вызвано это возбужденіе непосредственнымъ раздраженіемъ нерва или же раздраженіемъ специфическимъ черезъ посредство воспринимающаго органа, приспособленнаго къ дѣйствію даннаго раздражителя. Самъ же процессъ возбужденія во всѣхъ нервныхъ волокнахъ долженъ быть одинъ и тотъ же. Мы знаемъ въ этомъ отношеніи такъ же мало различій, какъ въ отношеніи гистологическаго строенія или любыхъ другихъ свойствъ различныхъ нервныхъ волоконъ. Но разъ всѣ

нервныя волокна одинаковы и всѣ они могутъ проводить одно и то же явленіе, называемое нами возбужденіемъ, независимо отъ его происхожденія, то все различіе состояній сознанія, въ концѣ концовъ вызываемое ими, можетъ основываться только на различіи тѣхъ аппаратовъ, на которые переносятся возбужденія. Поэтому мы принимаемъ, что каждая клѣтка мозговой коры, въ которой можетъ возникать сознаваемое ощущеніе, въ случаѣ возбужденія связаннаго съ ней нервнаго волокна, приходитъ въ состояніе дѣятельности, обусловливающей только совершенно опредѣленный родъ состоянія сознанія. Возбужденіе однѣхъ изъ нихъ вызываетъ ощущеніе свѣта, другихъ—ощущеніе звука и т. д.

Этотъ взглядъ находитъ существенную поддержку въ результатахъ, полученныхъ при опытахъ на высшихъ животныхъ и на наблюденіяхъ надъ людьми съ ограниченными заболѣваніями мозга. Схожія между собою клѣтки, т.-е. такія, которыя обусловливаютъ однородныя ощущенія и пространственно лежатъ вмѣстѣ. При заболѣваніяхъ большого мозга, ограниченныхъ опредѣленными мѣстами, появляются нарушенія только въ сферѣ опредѣленныхъ ощущеній. Съ этими наблюденіями вполнѣ согласуются результаты, полученные на животныхъ. Разрушеніе мозговой коры въ заднихъ доляхъ большого мозга ведетъ, напр., къ потерѣ зрѣнія; разрушеніе мозговой коры въ височныхъ доляхъ вызываетъ нарушенія въ области слуха; тѣ же самыя нарушенія наблюдаются при болѣзненныхъ измѣненіяхъ соотвѣтственныхъ мѣстъ мозговой коры у людей.

Рядомъ съ большими различіями между клѣтками, въ которыхъ проявляются свѣтовыя ощущенія, и другими, въ которыхъ возникаютъ ощущенія слуховыя, должны быть еще различія болѣе мелкія между клѣтками одного и того же рода, различія, отвѣчающія разновидностямъ одного и того же ощущенія по качеству. Такъ, мы можемъ указать на цвѣтовыя различія въ области свѣтового ощущенія, на различіе въ высотѣ тоновъ въ области звуковыхъ ощущеній и т. д. Къ этому при нѣкоторыхъ ощущеніяхъ, особенно при свѣтовыхъ и осязательныхъ, присоединяются еще различія, относимыя къ мѣсту, на которое дѣйствуютъ раздраженія, вызывающія возбужденіе. Благодаря имъ мы въ состояніи отличить два во всемъ одинаковыхъ между собою воздѣйствія, напр. уколы иголкой, если одинъ разъ онъ произведенъ на плечѣ, другой — на щекѣ *).

Относительно физическихъ процессовъ въ мозговой корѣ, сопровождающихъ возникновеніе ощущеній, мы не можемъ ничего сказать. Намъ извѣстны изъ самонаблюденій только сами ощущенія. Эти ощущенія не имѣютъ никакого сходства съ физическими и химическими процессами, дѣйствующими, въ качествѣ раздражителей, на периферическія нервныя окончанія и, въ концѣ концовъ, дающими поводъ къ ощущеніямъ. Поэтому нельзя обманываться тѣмъ, что для обозначенія ихъ употребляются одинаковыя названія. То, что дѣйствуетъ въ глазу на нервные аппараты сѣтчатки, это—эфирныя колебанія; то, что вызывается ими въ нервной системѣ, это—возбужденія такого рода, которыя свойственны нервной системѣ. Они вызываютъ въ клѣткахъ мозговой коры, связанныхъ съ зрительными нервами, свѣтовыя ощущенія. Поэтому если мы называемъ также *свѣтомъ* и процессы, происходящіе въ эфирѣ, то этимъ нисколько не говорится, что они по своей сущности подобны процессамъ, протекающимъ въ тѣхъ нервныхъ клѣткахъ, въ которыхъ проявляются свѣтовыя ощущенія. Что этого не можетъ быть, вытекаетъ уже изъ того, что тѣ же самыя эфирныя колебанія, достигая кожи, вызываютъ совершенно другое ощущеніе,—тепловое. То же самое относится и къ звуковымъ колебаніямъ. Если послѣднія черезъ посредство воздуха или головныхъ костей дѣйствуютъ на наши слуховые нервы, то они возбуждаютъ въ насъ слуховыя ощущенія; если же они переносятся на наши кожные нервы, то возникаетъ ощущеніе совершенно другого рода, ощущеніе щекотанья. Объ эфирныхъ колебаніяхъ и колебаніяхъ камертона мы имѣемъ совершенно опредѣленныя представленія. Какого рода матеріальные процессы, совершающіеся въ клѣткахъ нашей мозговой коры, мы не знаемъ.

---

*) Гипотеза предполагаетъ очень большое число нервныхъ клѣтокъ въ мозговой корѣ. Съ этимъ согласны микроскопическія находки; предполагаемое физіологическое различіе мы, конечно, не можемъ видѣть.

Еще меньше мы можемъ представить себѣ, какъ эти матеріальные процессы приводятъ къ совершенно своеобразному явленію сознаваемаго ощущенія. Мы очень точно знаемъ эти ощущенія. Они представляютъ единственное, что мы знаемъ непосредственно. Все другое, что мы думаемъ, что знаемъ о процессахъ внѣшняго міра, только слѣдствія изъ этихъ ощущеній (ср. гл. 1 и 2). Такъ какъ мы, путемъ многочисленныхъ наблюденій, убѣдились, что извѣстныя ощущенія появляются всегда, когда на основаніи наличности разнаго рода обстоятельствъ мы можемъ заключить, что дѣло идетъ объ опредѣленныхъ процессахъ, совершающихся во внѣшнемъ мірѣ, то мы привыкли эти процессы обозначать тѣмъ же самымъ именемъ, какъ и обусловливаемыя ими ощущенія.

Мы знаемъ также, что при извѣстныхъ условіяхъ можетъ не быть всегдашняго точнаго согласія между нашими ощущеніями и явленіями внѣшняго міра. Возбужденіе чувствительныхъ нервовъ можетъ обусловливаться необычнымъ какимъ-нибудь процессомъ или раздраженіемъ, дѣйствующимъ въ какомъ-нибудь мѣстѣ на нервныя волокна. Возбужденіе нервныхъ клѣтокъ можетъ также произойти вслѣдствіе внутреннихъ причинъ, свойства крови или тому подобнаго, безъ проведенія возбужденія по нервамъ. Тогда возникаютъ **субъективныя ощущенія**, которымъ не отвѣчаютъ явленія внѣшняго міра. Такимъ путемъ возникаетъ большая область **обмановъ чувствъ**, иллюзій и галлюцинацій; ихъ мы можемъ отличать отъ обыкновенныхъ ощущеній только несовершенно, такъ какъ процессы, происходящіе при этомъ въ нервныхъ клѣткахъ мозговой коры, подобны тѣмъ, которые протекаютъ при возникновеніи ощущеній обыкновеннымъ путемъ.

Изслѣдованія ощущеній опираются на самонаблюденія. Поэтому они прежде всего имѣютъ значеніе для наблюдающаго. Они только съ большою осторожностью могутъ быть переносимы на другія существа. Появляется ли у другого человѣка при взглядѣ на цвѣтокъ, который мы называемъ краснымъ, то же самое ощущеніе, какъ и у насъ, невозможно установить *). Но мы можемъ утверждать, что извѣстныя ощущенія, **вѣроятно**, появляются совершенно одинаковымъ образомъ какъ у насъ и у другихъ людей, и до извѣстной степени и у высшихъ животныхъ. Мы можемъ опредѣлить, видитъ ли собака или слѣпа; если она прямо бѣжитъ за брошеннымъ впередъ предметомъ и схватываетъ его, то мы можемъ принять, что она видитъ его такимъ же образомъ, какъ и мы. Однако, за предѣлами физіологическаго изслѣдованія лежитъ установка того, совершенно ли сходны въ данномъ случаѣ ея ощущенія съ нашими, такъ какъ нѣтъ никакого средства открыть относительно этого что-нибудь опредѣленное. Еще болѣе праздными являются разсужденія о томъ, имѣютъ ли низшія животныя или даже растенія также ощущенія, подобныя нашимъ. Поэтому послѣдующія замѣчанія объ ощущеніяхъ другихъ существъ должны быть всегда принимаемы съ оговоркой, что мы ничего не высказываемъ о самихъ ощущеніяхъ, а только описываемъ явленія, насколько намъ они извѣстны.

11. Органы чувствъ. Окончанія чувствительныхъ нервовъ часто лежатъ между или подъ эпителіальными клѣтками, покрывающими поверхность кожи или слизистыхъ оболочекъ (ср. гл. 13, § 11). Если эпителіальныя клѣтки соединены съ нервами, то онѣ называются **нервнымъ эпителіемъ**. Часто существуютъ еще особыя приспособленія для воспріятія опредѣленныхъ раздраженій и для отстраненія другихъ. Тогда аппараты, воспринимающіе раздраженіе, дѣлаются настоящими **органами чувствъ**. У высшихъ животныхъ эти органы снабжены столь характерными приспособленіями, что мы не можемъ сомнѣваться въ ихъ

*) То обстоятельство, что другой также называетъ окраску цвѣтка красной, не доказываетъ еще, что онъ имѣетъ то же ощущеніе, что и мы. Онъ равнымъ образомъ привыкъ обозначать названіемъ «**красный**» то ощущеніе, которое въ **немъ** возникаетъ при этихъ опредѣленныхъ условіяхъ, какъ и мы **наше**, возникающее въ насъ при тѣхъ же условіяхъ. У страдающихъ цвѣтной слѣпотой ощущенія, навѣрное, другія, чѣмъ у людей, обладающихъ обыкновеннымъ цвѣтоощущеніемъ и, несмотря на это, и тѣ и другіе употребляютъ тѣ же самыя названія.

значеніи, какъ аппаратовъ, приспособленныхъ для воспріятія опредѣленныхъ раздраженій. Приспособленія, приноровленныя для преломленія свѣтовыхъ лучей въ глазу или для проведенія звука въ ухѣ, позволяютъ тотчасъ же рѣшить, что въ одномъ случаѣ имѣется дѣло съ органомъ, воспринимающимъ свѣтовыя раздраженія, въ другомъ съ органомъ, воспринимающимъ звуковыя. Когда подобныя приспособленія встрѣчаются у другихъ существъ, то мы вправѣ принять, что они возбуждаются тѣми же раздраженіями, какъ и у человѣка. Если мы встрѣчаемся съ аппаратами, отличающимися отъ нашихъ, то мы можемъ опредѣлить экспериментальнымъ путемъ, какого рода раздраженіями могутъ быть они возбуждены, но мы должны воздержаться отъ всякаго сужденія, какого рода могутъ быть ощущенія, вызванныя этими раздраженіями.

Слѣдуетъ принять, что процессъ постепеннаго дифференцированія, съ которымъ мы познакомились въ другихъ органахъ, имѣлъ значеніе и при выработкѣ органовъ чувствъ. Если свойство раздражимости первоначально является принадлежностью всей протоплазмы и получаетъ высшую степень развитія въ чувствительныхъ клѣткахъ, то дифференцировка можетъ привести къ тому, что одна чувствительная клѣтка легче возбуждается механическими раздраженіями (давленіе, растяженіе и т. д.), другая химическими (вкусъ и запахъ), другая, въ свою очередь, возбуждается болѣе механическимъ сотрясеніемъ (слухъ), наконецъ, другія эфирными колебаніями (зрѣніе). Это представленіе, особенно развитое Гербертомъ Спенсеромъ, имѣетъ, конечно, многое за себя. Но, къ сожалѣнію, изъ него нельзя вывести ничего такого, что допустило бы опытную провѣрку. Однако, мы можемъ въ согласіи съ нимъ принять, какъ весьма вѣроятное, что у нѣкоторыхъ организмовъ могутъ быть чувствительныя клѣтки, у которыхъ это дифференцированіе или почти совсѣмъ не развилось или только въ очень слабой степени; слѣдовательно, онѣ могутъ почти одинаково возбуждаться раздраженіями различнаго рода, какъ, повидимому, это и бываетъ на самомъ дѣлѣ.

Для того чтобы различные виды раздраженій вызывали и различные другъ отъ друга виды ощущеній, то къ дифференцированію чувствительныхъ клѣтокъ должно присоединиться и дифференцированіе ощущающихъ нервныхъ клѣтокъ въ центральномъ органѣ. Въ этомъ отношеніи, какъ уже неоднократно указывалось, мы можемъ производить изслѣдованія путемъ самонаблюденія, насколько дѣло идетъ о нашихъ собственныхъ ощущеніяхъ. Для другихъ существъ мы ограничиваемся предположеніями, которыя тѣмъ неопредѣленнѣе, чѣмъ болѣе условія жизни этихъ организмовъ уклоняются отъ нашихъ.

Обыкновенное подраздѣленіе ощущеній на пять чувствъ уже у человѣка оказывается при болѣе точномъ изслѣдованіи недостаточнымъ. Въ такъ называемомъ чувствѣ осязанія, напр., соединены навѣрное многіе виды ощущеній только потому, что органы, предназначенные для воспріятія раздраженій лежатъ въ кожѣ другъ подлѣ друга. Въ предѣлахъ одного и того же рода ощущенія мы можемъ воспринимать различія въ силѣ ощущенія, а также и различія качественнаго характера. Такими являются въ области зрѣнія различныя цвѣтовыя ощущенія, въ области слуха ощущенія различной высоты тоновъ. Если мы съ одной стороны цвѣтовыя ощущенія, съ другой—ощущенія тоновъ разсматриваемъ какъ виды одного и того же ощущенія по качеству, свѣтового или слухового, то основаніе этого лежитъ въ томъ, что эти ощущенія могутъ переходить другъ въ друга. Отъ ощущенія синяго мы можемъ путемъ постепенныхъ переходовъ дойти до ощущенія зеленаго, равнымъ образомъ отъ ощущенія тона опредѣленной высоты къ его терціи или квинтѣ. Но никогда не удается отъ ощущенія давленія ни черезъ какія промежуточныя ступени перейти къ ощущенію тепла. Слѣдовательно, ощущеніе давленія и ощущеніе тепла не являются разновидностями одного и того же качества ощущенія, но также различны въ качественномъ отношеніи между собою, какъ ощущеніе звука и ощущеніе свѣта.

Если такимъ образомъ изслѣдованіе показываетъ намъ, какъ рискованно изъ одного только анатомическаго расположенія органовъ чувствъ выводить заключенія о родѣ обусловливаемыхъ ими ощущеній, то это еще болѣе предостерегаетъ насъ дѣлать поспѣшныя предположенія объ ощущеніяхъ у другихъ организмовъ. Весьма возможно, что нѣкоторые изъ нихъ имѣютъ «чувства», у насъ отсутствующія. Какого рода могутъ быть ощущенія, обусловленныя такими чувствами, мы можемъ также мало догадываться, какъ слѣпой получить представленіе о томъ, что мы называемъ ощущеніемъ свѣта. Поэтому я не касаюсь предполагаемыхъ у различныхъ организмовъ особенныхъ органовъ чувствъ (напр., такъ назыв. боковыхъ органовъ рыбъ), такъ какъ нѣтъ никакой точки опоры, чтобы высказать о нихъ что-нибудь съ физіологической стороны. Но опытами можно опредѣлить, можетъ ли организмъ быть возбужденъ раздраженіями опредѣленнаго рода, предполагая, что онъ видимымъ образомъ реагируетъ на раздраженіе. Такъ напр., приведенныя въ § 4 явленія фототаксиса показываютъ, что многіе организмы возбуждаются свѣтовыми лучами. Иногда чувствительность къ свѣту равномѣрно распредѣлена по всей поверхности тѣла, часто же она ограничивается опредѣленными мѣстами. Въ такомъ случаѣ на этихъ мѣстахъ должны находиться воспринимающіе органы, которые вслѣдствіе дифференцированія получили особенную степень раздражимости эфирными колебаніями съ опредѣленной длиной волны, между тѣмъ какъ органы, лежащіе на другихъ мѣстахъ, не обладаютъ этой возбудимостью, но могутъ быть возбудимы другимъ путемъ, напр., механически *). Мѣста, возбудимыя свѣтомъ, обыкновенно ясно распознаются по скопленію чернаго или окрашеннаго пигмента, который, будучи заложенъ за нервными аппаратами, поглощаетъ прошедшій черезъ нихъ свѣтъ и этимъ, вѣроятно, усиливаетъ дѣйствіе на концевые органы. Упомянутая, напр., въ § 4 Euglena имѣетъ вблизи своего передняго, несущаго жгутикъ конца маленькое круглое пигментное пятно, которое только и чувствительно къ свѣту; если свѣтъ падаетъ лишь на заднюю, наполненную хлорофилломъ часть тѣла, то это не оказываетъ никакого вліянія на направленіе и движеніе эвгленъ.

Подобныя пигментныя пятна находятся у многихъ низшихъ организмовъ. Они всегда чувствительны къ свѣту, слѣдовательно, напоминаютъ глаза, поэтому ихъ называютъ глазками или глазными пятнами. Еще больше становится сходство съ глазами, когда настоящія нервныя окончанія, въ которыхъ или позади которыхъ отложенъ пигментъ, находятся при помощи нервныхъ волоконъ въ соединеніи съ нервными клѣтками, тогда какъ лежащая передъ ними кутикула образуетъ родъ линзы, (хрусталика) концентрирующей падающій свѣтъ на чувствительныхъ клѣткахъ, какъ это, напр., имѣетъ мѣсто у медузъ. Несмотря на это, и эти образованія нельзя называть глазами и нельзя утверждать, что животныя ими видятъ. Но когда нервныя окончанія съ ихъ пигментомъ лежатъ въ углубленной ямкѣ, и свѣтъ можетъ упасть на нихъ только черезъ узкое отверстіе, тогда на днѣ ямки возникаютъ изображенія внѣшнихъ предметовъ.

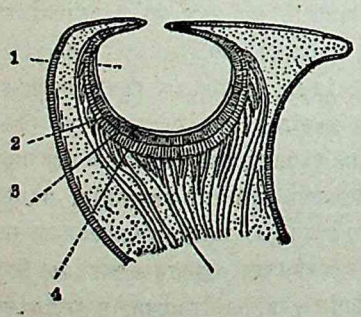


Рис. 120.
Простой глазъ наутилуса. 1—глазная полость; 2—слой палочекъ; 3—слой зрительныхъ клѣтокъ; 4—слой нервныхъ клѣтокъ.

Такъ устроенъ, напр., глазъ принадлежащаго къ головоногимъ наутилуса (рис. 120). Хрусталика или какого-либо другого свѣтопреломляющаго аппарата нѣтъ, между тѣмъ какъ нервный аппаратъ показываетъ уже дифференцировку, напоминающую высокоразвитые

*) У протистовъ не имѣется собственно органовъ, у нихъ возбудима вся протоплазма. Но если специфическая раздражимость для опредѣленнаго рода раздраженія связана съ опредѣленнымъ мѣстомъ тѣла, какъ это имѣется у здѣсь же упоминаемой Euglena, тогда это мѣсто есть органъ клѣтки въ такомъ родѣ, какъ это было сказано въ гл. 13, § 6 слѣд.

глаза высшихъ животныхъ. Удивительно, что глаза другихъ головоногихъ, напримѣръ, каракатицы, по своему строенію гораздо болѣе сходны съ глазами позвоночныхъ животныхъ.

Мы вправѣ предположить, что такъ устроенный аппаратъ не только можетъ служить для воспріятія объектовъ внѣшняго міра, но и для распознаванія ихъ формъ, и мы вправѣ назвать его глазомъ, хотя и очень просто устроеннымъ. Отъ этихъ глазъ къ болѣе совершеннымъ глазамъ высшихъ животныхъ существуютъ постепенные переходы.

12. Произвольныя и автоматическія движенія. Кромѣ возникающихъ при возбужденіи чувствительныхъ нервовъ сознаваемыхъ ощущеній и ихъ слѣдствій, представленій, мы знаемъ еще другое состояніе сознанія, называемое нами *волей*. Мы имѣемъ представленіе, что мы, *независимо отъ внѣшняго воздѣйствія*, вслѣдствіе процесса, происходящаго внутри насъ, въ состояніи, напр., вызывать мышечныя движенія. Очень можетъ быть, что это заблужденіе. Можетъ-быть, подобныя дѣйствія имѣютъ всегда источникомъ своего происхожденія извнѣ приходящее раздраженіе, только оно не доходитъ до нашего сознанія какъ слѣдствіе внѣшняго воздѣйствія. Но, какъ бы тамъ ни было, во всякомъ случаѣ установлено, что такія дѣйствія, возникающія, по нашему правильному или ложному мнѣнію, произвольно, тоже связаны съ сохраненіемъ цѣлости мозговой коры. У людей, у которыхъ въ мозговой корѣ, вслѣдствіе заболѣванія, произошли нарушенія, не обнаруживается дѣйствій, подобныхъ указанной нами такъ называемой волевой дѣятельности. Поэтому мы можемъ принять, что эти возбужденія, какъ и тѣ, которыя даютъ поводъ къ сознаваемымъ ощущеніямъ, возникаютъ въ нервныхъ клѣткахъ мозговой коры.

Рядомъ съ различными клѣтками, въ которыхъ возникаютъ отдѣльные виды ощущеній, должны быть другія, въ которыхъ образуется двигательное возбужденіе. На схематическомъ рис. 119 на стр. 331 первыя должны были бы быть представлены № 7, вторыя № 9. Въ доказательство правильности такого разсмотрѣнія мы можемъ привести факты, указывающіе, что искусственнымъ раздраженіемъ опредѣленныхъ мѣстъ мозговой коры можно вызвать изолированныя движенія отдѣльныхъ мышечныхъ группъ, въ то время, какъ раздраженіемъ тѣхъ мѣстъ, въ которыхъ заложены клѣтки, обусловливающія ощущеніе, никогда нельзя вызвать движеній. Равнымъ образомъ ограниченныя заболѣванія такихъ «двигательныхъ полей» мозговой коры имѣютъ слѣдствіемъ опредѣленныя нарушенія въ отдѣльныхъ мышечныхъ группахъ.

Мы приписываемъ другимъ людямъ и въ извѣстномъ смыслѣ также высшимъ животнымъ, у которыхъ центральная нервная система сходна съ нашей, тоже «волю», перенося на нихъ по аналогіи представленія, полученныя нами при изслѣдованіи нашего собственнаго сознанія. Что подобныя предположенія мы должны дѣлать съ большою осторожностью, на это мы уже неоднократно указывали. Особенно низшимъ животнымъ или даже растеніямъ, не имѣющимъ ничего подобнаго нашей нервной системѣ, мы должны приписывать сходные психическіе процессы съ ясно выраженной оговоркой, что при этомъ дѣло идетъ о предположеніи, не могущемъ быть доказаннымъ.

Рядомъ съ возбужденіями, связанными съ процессами сознанія, происходятъ и не доходящія до сознанія. Такъ какъ послѣднія почти исключительно встрѣчаются въ видѣ движеній, то мы будемъ говорить только о нихъ, слѣдовательно, оставимъ въ сторонѣ другія отправленія, возбуждаемыя со стороны нервной системы. Мы можемъ поэтому различать *произвольныя и непроизвольныя движенія*. Къ послѣднимъ принадлежатъ также рефлекторныя движенія, о которыхъ была уже рѣчь въ § 9. Но, кромѣ нихъ, встрѣчаются еще непроизвольныя движенія, при которыхъ мы не въ состояніи доказать внѣшнее раздраженіе, ихъ вызывающее. Нѣкоторыя изъ нихъ въ теченіе нормальной жизни происходятъ часто и всегда одинаковымъ образомъ, другія только иногда при случаѣ.

Первыя, къ которымъ, напримѣръ, принадлежатъ дыхательныя движенія, въ физіологіи называютъ *автоматическими*. Очень трудно отграничить ихъ отъ рефлекторныхъ движеній. Можно всегда предположить, что и они обусловливаются какимъ-нибудь не могущимъ быть доказаннымъ раздраженіемъ чувствительныхъ нервовъ, переносимымъ затѣмъ на двигательные нервы. Если мы оставимъ въ сторонѣ затрудненія такого рода, то мы можемъ

опредѣлить ихъ какъ движенія, которыя вызываются внутреннимъ, при условіяхъ нормальной жизни самопроизвольно появляющимся раздраженіемъ. При нѣкоторыхъ, напр., при дыхательныхъ движеніяхъ, удалось болѣе тщательно изслѣдовать эти условія.

Мы можемъ установить большое число важныхъ фактовъ, касающихся функцій нервной системы, при помощи наблюденій и опытовъ на животныхъ. Но какъ только дѣло касается вопросовъ, связаны ли извѣстныя движенія съ процессами сознанія, ведутъ ли воздѣйствующія раздраженія къ сознаваемымъ ощущеніямъ, мы тогда исключительно обращаемся къ самонаблюденію.

Исходя изъ фактовъ самосознанія, мы выработали послѣдовательно проведенное воззрѣніе на всѣ явленія природы. Мы принимаемъ ихъ всѣ за формы движенія. Это представленіе возможно приложить и къ процессамъ возбужденія нервовъ и нервныхъ клѣтокъ. И они, подобно химическимъ и физическимъ процессамъ, вообще, могутъ быть разсматриваемы, какъ случаи молекулярнаго движенія. Но какъ только мы переходимъ отъ возбужденія нервныхъ клѣтокъ къ ощущеніямъ и слѣдствіямъ, изъ нихъ вытекающимъ, къ явленіямъ сознанія, къ представленіямъ, короче говоря, къ разсмотрѣнію такъ называемыхъ «психическихъ процессовъ», это воззрѣніе отказывается служить намъ. Данныя, добытыя при посредствѣ наблюденія нашихъ собственныхъ состояній сознанія, мы можемъ путемъ внимательнаго самонаблюденія и подходящихъ опытовъ на насъ самихъ и (съ необходимой предосторожностью съ цѣлью защиты отъ заблужденій) на другихъ людяхъ увеличить, провѣрить и привести въ порядокъ. То, что мы устанавливаемъ этимъ способомъ, составляетъ содержаніе опытной психологіи, которая поэтому можетъ быть причислена къ естествознанію и, такъ какъ дѣло идетъ объ явленіяхъ, наблюдаемыхъ у живыхъ существъ преимущественно къ физіологіи. Но всѣ эти изслѣдованія не даютъ намъ никакого заключенія о томъ, какъ молекулярныя движенія въ нервныхъ клѣткахъ принимаютъ характеръ психическаго процесса. На этотъ вопросъ средствами естественно-научныхъ методовъ нельзя дать отвѣта; онъ принадлежитъ, какъ уже было сказано въ первой главѣ, къ области метафизики.

ДВАДЦАТАЯ ГЛАВА.

Ростъ и размноженіе.

1. Сущность роста. Жизненныя явленія связаны съ потребленіемъ живой матеріи. Поэтому для поддержанія ихъ, помимо постоянной доставки кислорода и безпрепятственнаго выведенія продуктовъ распада, образующихся въ клѣткахъ, необходимо еще введеніе пищевыхъ веществъ для замѣщенія потребленныхъ тѣлъ. Одноклѣточные организмы воспринимаютъ эти вещества изъ окружающей ихъ среды; у многоклѣточныхъ каждая клѣтка возмѣщаетъ свои потери изъ омывающей ее тканевой жидкости.

Если эта окружающая среда богата питательнымъ матеріаломъ, то клѣтки могутъ воспринимать больше, чѣмъ онѣ потребляютъ. Тогда онѣ увеличиваются въ объемѣ; онѣ растутъ. Если ростъ достигъ извѣстнаго предѣла, то наступаетъ дѣленіе клѣтокъ. У одноклѣточныхъ дѣленіе равносильно увеличенію числа особей. У многоклѣточныхъ это ведетъ прежде всего къ увеличенію массы тѣла. Слѣдовательно, совершается ростъ въ болѣе общемъ смыслѣ. Но и эти послѣдніе организмы, разрастаясь, могутъ отдѣлять отъ себя

болѣе или менѣе значительныя части своего тѣла, изъ которыхъ затѣмъ образуются новые индивидуумы, такъ что и здѣсь получается въ результатѣ размноженіе.

Такимъ образомъ, ростъ и размноженіе представляютъ собою двѣ формы проявленія одного и того же процесса, превращенія мертваго вещества въ живое, благодаря способности клѣтокъ къ усвоенію. Пока изъ клѣтокъ выдѣляются вещества въ количествѣ, равномъ вновь образовавшемуся, до тѣхъ поръ общее количество живой матеріи остается неизмѣннымъ. Такъ какъ условія выдѣленія и усвоенія подвергаются временнымъ и мѣстнымъ колебаніямъ, то и общая сумма живой матеріи въ каждый данный моментъ на землѣ колеблется въ извѣстныхъ предѣлахъ. Но большія измѣненія не могутъ произойти, пока условія жизни въ существенномъ остаются безъ перемѣны.

Не всѣ клѣтки многоклѣточнаго организма обладаютъ одинаковою способностью къ росту; повидимому, у всѣхъ вообще клѣтокъ она уменьшается съ продолжительностью жизни, притомъ въ различной степени для различныхъ тканей. Такимъ образомъ нѣкоторыя клѣтки скоро перестаютъ размножаться. Онѣ могутъ затѣмъ болѣе и менѣе продолжительное время сохранять свое состояніе, возмѣщая свои потери усвоеніемъ новыхъ веществъ. Но затѣмъ онѣ погибаютъ и или удаляются изъ организма или потребляются въ немъ, какъ пищевой матеріалъ, другими клѣтками.

Другія клѣтки напротивъ находятся въ состояніи постояннаго и живого размноженія. Онѣ-то главнымъ образомъ и обусловливаютъ ростъ цѣлаго организма. Особенно наглядно обнаруживается это у растеній, непрерывный ростъ которыхъ исходитъ изъ опредѣленныхъ мѣстъ, изъ вегетаціонныхъ точекъ.

2. Ростъ у растеній. Клѣтки, расположенныя въ этихъ мѣстахъ, если позволяютъ условія (подходящая температура, достаточная доставка пищевого матеріала), находятся въ состояніи постояннаго роста и живого дѣленія. Онѣ сохраняютъ поэтому всѣ свойства молодыхъ или эмбріональныхъ клѣтокъ. Онѣ еще не дифференцированы, не имѣютъ еще никакого специфическаго характера. Поэтому изъ нихъ могутъ образоваться различныя ткани. Подобныя клѣтки встрѣчаются у растеній въ опредѣленныхъ мѣстахъ, отчасти на концахъ главнаго стебля и боковыхъ вѣтвей, это такъ называемыя верхушечныя почки, отчасти и въ другихъ мѣстахъ—боковыя почки. Почки являются естественными очагами роста. Подобнаго рода клѣтки или аггрегаты клѣтокъ попадаются также и въ другихъ мѣстахъ, гдѣ онѣ часто остаются въ состояніи покоя, не размножаясь, пока не дано будетъ толчка къ пробужденію ихъ дѣятельности; ихъ называютъ запасными (придаточными) почками.

Ростъ растительныхъ клѣтокъ происходитъ отчасти благодаря только впитыванію влаги, безъ увеличенія количества плотныхъ веществъ *). Это впитываніе происходитъ благодаря осмозу, вслѣдствіе притяженія воды со стороны находящихся внутри клѣтокъ растворимыхъ веществъ, и можетъ продолжаться до тѣхъ поръ, пока напряженіе эластической оболочки, вслѣдствіе разбуханія клѣтки, не сравняется съ осмотическимъ давленіемъ внутри ея. Объемъ клѣтки при этомъ увеличивается, оболочка ея дѣлается тоньше; протоплазма, выполнявшая вначалѣ всю клѣтку, сводится къ тонкому пристѣночному слою, увеличеніе же объема клѣтки происходитъ на счетъ увеличенія въ ней жидкости (ср. гл. 7, § 8).

Послѣ этого наступаетъ обыкновенно ростъ оболочки; новые слои, выдѣлившіеся изъ протоплазмы, отлагаются на растянутую оболочку, или же въ промежуткахъ между ея молекулами, образовавшихся вслѣдствіе растяженія, отлагаются новыя частицы изъ окружающей жидкости. Такимъ образомъ ростъ оболочекъ можетъ происходить и юкстапозиціей (наложеніемъ) и интуссусцепціей (внѣдреніемъ), ростъ же протоплазмы, напротивъ, совер-

*) Мѣстный ростъ у растеній можетъ также происходить на счетъ остальныхъ частей растенія. Тогда растеніе теряетъ даже въ вѣсѣ благодаря одновременно происходящему дыханію и транспираціи.

шается только интуссусцепціей, воспріятіемъ новыхъ веществъ, проникающихъ черезъ клѣточную оболочку извнѣ въ растворенномъ состояніи и затѣмъ путемъ усвоенія дѣлающихся составными частями протоплазмы. Такой ростъ происходитъ почти исключительно въ молодыхъ, постоянно дѣлящихся клѣткахъ. При этомъ масса ихъ и весь объемъ растущаго образованія сильно увеличивается, между тѣмъ какъ сами клѣтки сохраняютъ небольшую величину. Только въ болѣе поздней стадіи развитія наступаетъ вышеупомянутый процессъ увеличенія объема отдѣльныхъ клѣтокъ. Поэтому въ вегетаціонныхъ точкахъ на верхушкахъ побѣговъ мы находимъ малыя клѣтки, увеличенныя же встрѣчаются въ нѣкоторомъ разстояніи отъ нихъ въ болѣе старыхъ частяхъ.

3. Ростъ животныхъ клѣтокъ. Ростъ животныхъ клѣтокъ и образованныхъ изъ нихъ аггрегатовъ отличается нѣсколько отъ представленной картины роста растительныхъ клѣтокъ, главнымъ образомъ, благодаря отсутствію оболочекъ. Значительнаго увеличенія клѣтокъ вслѣдствіе простого впитыванія воды не можетъ произойти (сравн. гл. 7, § 8); клѣтки остаются небольшими, имѣютъ всегда только малыя вакуоли; онѣ, по достиженіи извѣстной величины, размножаются дѣленіемъ. Поэтому увеличеніе тѣла животнаго или его части происходитъ въ большей степени вслѣдствіе умноженія числа клѣтокъ, чѣмъ вслѣдствіе увеличенія ихъ объема. Въ эмбріональныхъ тканяхъ въ случаѣ усиленнаго размноженія клѣтокъ на отдѣльныхъ мѣстахъ образуется, точно такъ же, какъ у растеній, бугорокъ или почка. Такъ, напримѣръ, на извѣстной стадіи эмбріональнаго развитія возникаютъ зачатки конечностей. Или же вслѣдствіе усиленнаго, мѣстнаго роста образуются возвышенія, складки и т. п. Такимъ способомъ возникаютъ различные органы; характеръ дальнѣйшаго развитія зависитъ главнымъ образомъ отъ свойствъ клѣтокъ и только въ гораздо меньшей степени отъ механическихъ условій, какими являются мѣста бо́льшаго или меньшаго сопротивленія.

Кромѣ того, на ростъ имѣютъ вліяніе упомянутыя въ предыдущей главѣ раздраженія; отсюда и ихъ названіе *формативныя раздраженія*. Но мы не въ состояніи сказать что-нибудь опредѣленное о природѣ этихъ раздраженій и о характерѣ того вліянія, какое они оказываютъ на ростъ. Изученіе этихъ явленій находится пока еще въ началѣ. Но, благодаря изслѣдованіямъ въ области исторіи развитія, мы болѣе или менѣе точно ознакомлены съ послѣдовательной смѣной формъ у многихъ организмовъ. Сдѣланы были даже попытки провѣрить экспериментально ходъ этихъ явленій и получены уже весьма интересные результаты. Но, несмотря на это, въ настоящее время нельзя еще вывести какихъ бы то ни было общихъ законовъ.

По мѣрѣ усиленія процесса дифференцировки клѣтокъ уменьшается ихъ способность къ быстрому размноженію и къ образованію новыхъ формъ. Большинство сформированныхъ тканей любого высшаго животнаго можетъ еще расти благодаря воспріятію питательныхъ веществъ. Отдѣльныя клѣтки въ нихъ постоянно подвергаются гибели и замѣщаются новыми путемъ дѣленія существующихъ; органъ можетъ даже увеличиться въ своемъ объемѣ, но новыя клѣтки всегда носятъ тотъ же самый характеръ, какъ и тѣ, изъ которыхъ онѣ произошли. Поэтому, въ случаѣ новообразованій, замѣняющихъ собою потери организма, вызванныя поврежденіями или заболѣваніями, въ органахъ, гдѣ различныя ткани особеннымъ образомъ соединены между собой, возникаетъ строеніе, не отвѣчающее прежнему, но состоящее изъ сильно размножающихся клѣтокъ *одного рода*. Но эта способность присуща не всѣмъ дифференцированнымъ клѣткамъ въ одинаковой степени. Повидимому, повсюду нѣкоторыя изъ нихъ сохраняютъ свой молодой, эмбріональный характеръ, и изъ нихъ именно при соотвѣтственныхъ условіяхъ могутъ образоваться значительныя новообразованія или приросты. Такимъ образомъ можно толковать возникновеніе опухолей съ специфическимъ характеромъ, отличнымъ отъ окружающей ткани; оно во многихъ отношеніяхъ можетъ быть сравниваемо съ вышеупомянутымъ прорастаніемъ «спящихъ» прибавочныхъ почекъ.

Быстро наступающее сильное разрастаніе является часто слѣдствіемъ раздраженій, какъ это видно при образованіи наплыва у растеній или рубца на поврежденныхъ мѣстахъ животныхъ. Образованіе новыхъ побѣговъ у растеній послѣ поврежденія происходитъ вслѣдствіе увеличеннаго притока пищевого матеріала къ почкамъ, лежащимъ ниже мѣста поврежденія; образованіе наростовъ (галловъ) послѣ уколовъ насѣкомыхъ и другія подобныя уклоненія въ процессѣ роста являются слѣдствіемъ пенормальныхъ раздраженій.

4. **Регенерація.** Большею или меньшею степенью дифференцировки клѣтокъ обусловливается также взаимная зависимость отдѣльныхъ органовъ. Первоначальная молодая клѣтка соединяетъ въ себѣ всѣ жизненныя отправленія; она нуждается только въ необходимой пищѣ и кислородѣ и въ возможности удалять продукты разложенія, образовавшіеся при обмѣнѣ веществъ. Между тѣмъ отдѣльные органы высшихъ существъ находятся въ такой зависимости другъ отъ друга, что могутъ существовать только при взаимномъ содѣйствіи. Поэтому, будучи выдѣлены изъ организма, они хотя и могутъ *еще жить* нѣкоторое время, но всегда только ограниченное (сравн. гл. 13 § 1 и гл. 18 § 7). Эта взаимная зависимость сильнѣе выражена у высшихъ организмовъ, чѣмъ у низшихъ, у животныхъ она вообще больше, чѣмъ у растеній. Рѣшающимъ здѣсь признакомъ будетъ, насколько вырѣзанная часть содержитъ *всѣ* необходимыя для поддержанія жизни ткани и насколько сохранены въ ней условія для поддержанія обмѣна веществъ. Поэтому, какъ мы это видѣли раньше, отрѣзанная вѣтвь какого-нибудь высшаго растенія можетъ еще долго остаться живой, если помѣстить ее въ воду; почки и цвѣты могутъ распуститься и т. п. Такая вѣточка, если нижній конецъ ея воткнуть въ землю, можетъ дать корни; она въ состояніи *регенерироваться* въ полное растеніе. То же самое бываетъ съ корнями или частями ихъ, корневищами, луковицами и т. д. Этимъ-то и пользуются въ садоводствѣ для размноженія растеній (размноженіе посредствомъ отводковъ, клубней и т. д.).

Регенеративною способностью обладаютъ иногда даже маленькіе кусочки высшихъ растеній, если только содержатся въ нихъ всѣ существенныя ткани. Куски листьевъ бегоніи, помѣщенные на влажномъ пескѣ, выпускаютъ корни въ мѣстахъ разрѣза листовыхъ нервовъ и даютъ начало новымъ растеніямъ; точно также вырастаютъ цѣлыя новыя растенія, если посѣять маленькіе кусочки корней ипекакуаны. Можно было бы привести еще много подобныхъ примѣровъ.

Къ такому роду регенераціи относится также возможность сращиванія отдѣльныхъ частей растеній, на этомъ основывается извѣстный пріемъ въ садоводствѣ, называемый *облагораживаніемъ*. Различаютъ *прививку* и *окулировку*, смотря по тому, прививается ли на стволѣ *дичка* цѣлая вѣтка (привой, черенокъ) или только отдѣльная почка (глазокъ) съ небольшимъ количествомъ ткани, коры и нѣсколько древесины. Сращеніе происходитъ, если одинаковыя ткани по возможности непосредственно соприкасаются и притомъ это бываетъ только между близкими другъ къ другу породами растеній.

При этомъ обнаруживается еще одинъ важный фактъ. Если привести въ соприкосновеніе *верхній* конецъ привоя съ дичкомъ, то сращенія не происходитъ. Точно также отводки только въ томъ случаѣ образуютъ корни, если они посажены въ землю *нижними* концами. Имѣются, впрочемъ, исключенія изъ этого правила; но возникшія образованія мало способны къ жизни и вскорѣ погибаютъ. Мы видимъ изъ этого, что въ частяхъ растеній встрѣчается нѣчто въ родѣ *полярности*. Нижній конецъ отрѣзанной вѣтви обладаетъ другими свойствами, чѣмъ верхній, независимо отъ мѣста, въ которомъ отрѣзана вѣтка. Эти полярныя противоположности должны слѣдовательно существовать въ каждомъ маленькомъ кускѣ растенія.

Точно также и животныя ткани, даже когда онѣ вполнѣ выдѣлены изъ организма и происходятъ отъ различныхъ индивидуумовъ, могутъ иногда сращиваться или, какъ говорится, приживать. Впрочемъ, это возможно въ узкихъ предѣлахъ. Притомъ точно такъ же, какъ и у растеній, сращеніе происходитъ легче, если соприкасающіеся органы взяты отъ однородныхъ животныхъ, труднѣе, если отъ различныхъ. Тѣ изъ тканей, которыя не имѣютъ кровеносныхъ сосудовъ, а только питаются тканевыми жидкостями, какъ эпителій и хрящъ, могутъ выживать, даже если они взяты отъ высшихъ животныхъ, въ совершенно чуждой имъ средѣ, напр. при пересадкѣ въ брюшную полость другого животнаго. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ въ такіе пересаженные органы прорастаютъ даже изъ окружающей среды кровеносные сосуды.

Относительно одноклѣточныхъ организмовъ было уже сказано въ гл. 13 § 3, что ихъ части могутъ продолжать жить и образовывать новые организмы, если въ нихъ содержатся ядерное вещество и протоплазма. Если разрѣзать какой-нибудь сравнительно большой одноклѣточный организмъ, напр. представленную на рис. 121 инфузорію Stentor polymorphus, продолговатое тѣло которой облегчаетъ проведеніе разрѣза, такимъ образомъ, чтобы нижній, болѣе тонкій конецъ содержалъ часть четкообразнаго ядра, то на немъ образуется новый вѣнецъ рѣсничекъ, между тѣмъ какъ передняя часть животнаго просто смыкается на мѣстѣ разрѣза. Два куска продолжаютъ жить, какъ самостоятельные организмы. То же самое бываетъ съ низшими многоклѣточными, вся дифференцировка тѣла которыхъ состоитъ въ различіи между энтодермой и эктодермой. Если разрѣзать, напр., гидру, Hydra fusca (рис. 124, стр. 344) поперекъ, то на нижнемъ ея отрѣзкѣ образуется новый вѣнчикъ щупальцевъ, раневая поверхность передняго отрѣзка закрывается, прикрѣпляется къ какому-нибудь твердому предмету, и обѣ части продолжаютъ дальше существовать, какъ самостоятельные полипы.

Даже при разрѣзѣ животнаго на три или больше частей, послѣднія могутъ развиться въ отдѣльныхъ полиповъ. Отрѣзки всегда прикрѣпляются плотно своими нижними концами, между тѣмъ какъ на верхнихъ образуются вѣнчики щупальцевъ. Мы видимъ, слѣдовательно, и здѣсь такую же полярность, какъ у частей растеній.

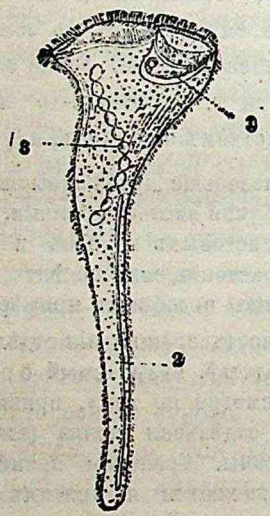


Рис. 121.
Stentor polymorphus, инфузорія, пригодная для опытовъ съ разрѣзываніемъ вслѣдствіе вытянутой формы своего ядра. 1—ротовое отверстіе, окруженное рѣсничками, 2 — длинная бьющаяся вакуоль; 3—ядро.

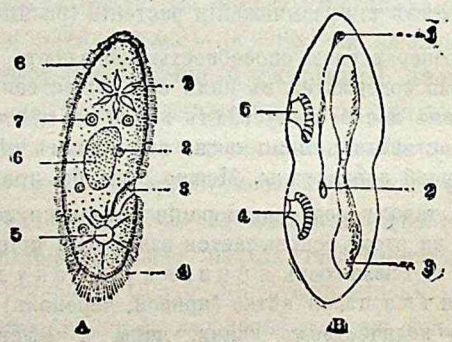


Рис. 122.
Дѣленіе Paramaecium. *A*—развитое животное; 1 и 5—бьющіяся вакуоли; 2—придаточное ядро; 6—главное ядро; 3—ротовое отверстіе и глотка; 7—питательная вакуоля; 8—рѣсички, расположенныя въ кутикулѣ; *B*—то же самое животное во время дѣленія, схематически; 1, 2—придаточное ядро, въ процессѣ дѣленія; 3—главное ядро; 4 и 5—новое и старое ротовыя отверстія.

Каждая отдѣленная часть гидрополипа содержитъ еще энтодерму и эктодерму; въ этомъ заключается вся дифференцировка его тканей. Такимъ образомъ, въ каждой части находятся всѣ необходимые элементы для сохраненія жизни, и она можетъ превратиться въ цѣлое животное. Но если вывернуть полипа такимъ образомъ, что его энтодерма будетъ обращена наружу, а эктодерма внутрь, то онъ погибаетъ, если ему не удастся придать тканямъ прежнее расположеніе. Итакъ, и та и другая ткань не могутъ въ своихъ функціяхъ, которымъ онѣ болѣе приспособлены, вслѣдствіе дифференцировки, замѣщать другъ друга.

Также и у болѣе дифференцированныхъ животныхъ, червей, ракообразныхъ, насѣкомыхъ, амфибій, пресмыкающихся встрѣчаются случаи возстановленія, регенераціи, отдѣльныхъ отрѣзан-

ныхъ членовъ. Чѣмъ выше организація животнаго, тѣмъ труднѣе это происходитъ. Регенерированныя части обыкновенно меньше отдѣленныхъ и не такъ хорошо развиты. Новообразованіе клешней у раковъ послѣ потери старыхъ можетъ служить примѣромъ такого рода регенераціи. То обстоятельство, что раки регенерируютъ свои клешни, насѣкомыя же не могутъ возмѣстить потерянныхъ конечностей, должно зависѣть отъ различія тканей этихъ въ остальномъ близко между собою стоящихъ животныхъ. Но мы не знаемъ, въ чемъ состоитъ это различіе.

Регенерація органовъ у высшихъ многоклѣточныхъ не можетъ быть непосредственно сопоставляема съ образованіемъ новыхъ ростковъ у растеній послѣ поврежденій. Когда отрѣзывается вѣтка у даннаго растенія, тогда питательный матеріалъ, предназначаемый ей, идетъ въ пользу почекъ, расположенныхъ ниже мѣста разрѣза. Онѣ начинаютъ расти быстрѣе; иногда также начинаютъ развиваться адвентивныя (покоящіяся) почки, которыя безъ того оставались бы въ покоѣ. То же самое, хотя и въ меньшихъ размѣрахъ, получается при простомъ надрѣзываніи боковой вѣтви или почки, причемъ долженъ быть надрѣзанъ и сосудистый пучокъ, такъ что токъ соковъ, идущихъ отъ корней, прекращается, и питательныя вещества воспринимаются почками, расположенными ниже мѣста пораненія. Вырастающая изъ почки, въ нашемъ случаѣ, снабженная листьями вѣтвь, такъ сказать, была заложена въ почкѣ; клѣтки почки могутъ или не развиться, или превратиться въ такую вѣтвь. Совершенно другое наблюдается у животныхъ. Когда, послѣ потери хвоста у ящерицы или клешней у рака, на поврежденныхъ мѣстахъ возникаютъ новый хвостъ или новыя клешни, органы вполнѣ опредѣленнаго вида и строенія, сходные съ потерянными, то мы не можемъ утверждать, что эти органы были заложены въ тѣхъ клѣткахъ, изъ которыхъ они развились. Напротивъ того, мы скорѣе видимъ, что развитіе клѣтокъ зависитъ вездѣ отъ мѣстныхъ условій, такъ что даже тѣ клѣтки, которыя уже приняли опредѣленное направленіе въ своемъ развитіи, мѣняютъ его и приноровляются къ новымъ условіямъ.

5. Дѣленіе, почкованіе и спорообразованіе. Когда ростъ и дѣленіе клѣтокъ приводятъ къ обособленію вновь образовавшихся клѣтокъ и возникновенію новыхъ индивидуумовъ, тогда мы говоримъ о размноженіи.

Самая простая форма размноженія это—дѣленіе; съ нимъ мы познакомились у амебы (сравн. гл. 12 § 8). Оно встрѣчается и у одноклѣточныхъ и у многоклѣточныхъ организмовъ. Примѣромъ относительно высоко развитаго организма, размножающагося путемъ дѣленія, можетъ служить вышеупомянутый (гл. 13 § 6) Paramaecium (рис. 122, стр. 342). Дѣленіе начинается съ вытягиванія придаточнаго ядра, и только послѣ того, какъ оно раздѣлилось, наступаетъ дѣленіе главнаго ядра. Въ то же время на мѣстѣ ротового отверстія (3) образуется углубленіе, изъ котораго формируется ротъ для одной части животнаго, старый ротъ служитъ для другой части (на рисункѣ для верхней). Затѣмъ слѣдуетъ удлиненіе инфузоріи, отшнуровываніе посерединѣ и окончательное отдѣленіе.

Такой же ходъ процесса дѣленія у многихъ другихъ инфузорій, напр. у представленнаго на рис. 121 Stentor'а. Дѣленіе во всѣхъ этихъ случаяхъ поперечное; плоскость дѣленія перпендикулярна къ продольной оси тѣла. Этотъ видъ дѣленія самый обыкновенный у всѣхъ тѣхъ организмовъ, одна ось которыхъ значительно длиннѣе другихъ. Однако, иногда дѣленіе происходитъ перпендикулярно къ короткой оси. Такое продольное дѣленіе встрѣчается, между прочимъ, у вортицеллъ и діатомовыхъ (сравн. рис. 61, стр. 214).

Особымъ видомъ дѣленія будетъ почкованіе. Въ первомъ случаѣ клѣтка дѣлится на двѣ приблизительно равныя части, при почкованіи же отшнуровывается только небольшая часть ея, которая лишь впослѣдствіи разрастается и достигаетъ нормальной величины материнской клѣтки. Процессъ этотъ можетъ повторяться многократно; если образовавшіяся почки нѣкоторое время не отдѣляются отъ материнской клѣтки, то получаются удлиненныя прямыя или развѣтвляющіяся нити клѣтокъ, какъ это легко можно наблюдать у дрожжевыхъ клѣтокъ (рис. 123).

Кромѣ дѣленія и почкованія часто встрѣчается размноженіе посредствомъ образованія споръ. Спорами называются зародыши, которые болѣе или менѣе продолжительное время остаются въ состояніи покоя, чтобы затѣмъ прорасти съ образованіемъ но-

выхъ организмовъ. Если споры защищены толстыми оболочками отъ вредныхъ вліяній, высыханія, холода и т. п., то ихъ называютъ стойкими спорами; если онѣ могутъ двигаться благодаря жгутикамъ или рѣсничкамъ, тогда носятъ названіе подвижныхъ споръ. Образованіе стойкихъ споръ наблюдается у бактерій и дрожжевыхъ грибовъ вмѣсто ихъ обычнаго размноженія, дѣленіемъ или почкованіемъ, если эти послѣдніе процессы должны прекратиться вслѣдствіе недостатка пищи, влаги или другихъ угрожающихъ жизни вліяній. Внутри клѣтки кругомъ ядра образуется болѣе плотное скопленіе протоплазмы, которое съ наружной стороны покрывается толстой оболочкой, служащей защитою.

Подобнымъ же образомъ, какъ мы видѣли (сравн. гл. 12 § 9), происходитъ инцистированіе амебъ. Но у нихъ этотъ процессъ служитъ не для размноженія, а только для сохраненія жизни организмовъ въ случаѣ неблагопріятныхъ условій, чтобы затѣмъ было возможно дальнѣйшее размноженіе. Настоящее же образованіе споръ происходитъ такимъ образомъ, что или часть организма превращается въ спору и отдѣляется отъ остальной части, сохраняющей свою жизнь, чтобы затѣмъ при соотвѣтственныхъ условіяхъ образовать новый индивидуумъ, или же внутри клѣтки происходитъ дѣленіе на нѣсколько частей. Тогда образуется одновременно большое число небольшихъ споръ. Онѣ часто сперва сливаются съ другими частями того же самаго или другого организма того же рода, послѣ чего только наступаетъ развитіе новой особи. Это явленіе принадлежитъ уже къ половому размноженію, о чемъ будетъ рѣчь въ слѣдующихъ параграфахъ.

Рис. 123. Дрожжевые грибки съ одною или двумя почками каждый.

Одинъ примѣръ образованія подвижныхъ споръ мы уже видѣли при миксомицетахъ (см. рис. 64, стр. 216). Оно встрѣчается очень часто также у водорослей и нѣкоторыхъ грибовъ. Подвижныя споры встрѣчаются только у организмовъ, живущихъ въ водѣ или (главнымъ образомъ у паразитовъ) на влажныхъ средахъ. Но и сѣмянныя нити или живчики (см. рис. 59, стр. 212) могутъ быть также причислены къ подвижнымъ спорамъ.

Процессъ почкованія встрѣчается не только у одноклѣточныхъ, но и у многоклѣточныхъ организмовъ. У этихъ послѣднихъ нѣкоторыя клѣтки не подвергаются дифференцированію, сохраняютъ свой эмбріональный характеръ и, благодаря своему усиленному размноженію, даютъ начало новымъ росткамъ, какъ мы это видѣли у растеній, или, отдѣляясь, образуютъ независимые организмы. Такой родъ размноженія весьма часто встрѣчается у растеній и у низшихъ животныхъ. На рис. 124 представлена Hydra: съ лѣвой стороны ствола видна молодая почка, съ правой болѣе развитая; у послѣдней ясно уже можно различить формы материнскаго тѣла. Почки или отдѣляются отъ материнскаго тѣла послѣ того какъ достигнутъ извѣстной величины и существуютъ дальше какъ независимые организмы, или же продолжаютъ быть съ нимъ связанными, вслѣдствіе чего образуются колоніи или сожительства животныхъ (сравн. гл. 13 § 13).

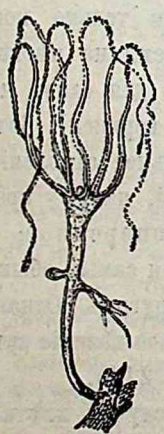


Рис. 124. Hydra fusca, полипъ, прикрѣпленный къ водному растенію, съ длинными щупальцами и двумя почками на стволѣ; на правой почкѣ можно уже различать форму полипа.

Почки животныхъ, изъ которыхъ развиваются новыя особи, могутъ быть во многихъ отношеніяхъ сравниваемы съ почками высшихъ растеній, изъ которыхъ вырастаютъ вѣтви и т. п. Правда, что послѣднія при нормальномъ теченіи растительной жизни не отдѣляются отъ главнаго ствола, получаютъ отъ него питательный матеріалъ благодаря общимъ корнямъ, доставляютъ ему органическія вещества, образующіяся въ листьяхъ, но тѣмъ не менѣе каждая вѣтвь обнаруживаетъ большую самостоятельность и при подходящихъ условіяхъ легко можетъ развиться въ отдѣльное растеніе. Такимъ образомъ высшее растеніе больше выказываетъ сходства съ колоніей, чѣмъ съ отдѣльнымъ животнымъ организмомъ. Сходство въ характерѣ размноженія дѣлается еще больше, когда и у растенія почка отдѣляется, чтобы развиться въ

новое самостоятельное растеніе. Если почка содержитъ достаточное количество питательнаго матеріала въ формѣ запасныхъ веществъ, то отдѣленіе можетъ произойти до начала развитія новаго растенія; въ противномъ случаѣ почки остаются на материнскомъ растеніи до тѣхъ поръ, пока образуются необходимые для ея питанія листья и корни. Примѣромъ послѣдняго могутъ служить ползучіе стебли земляники. Нѣчто похожее наблюдается у тѣхъ многолѣтнихъ растеній, корневища которыхъ, горизонтально разрастаясь подъ землею, выпускаютъ каждый годъ новое растеніе, причемъ одновременно на концѣ растущаго корневища образуется новая почка для растенія слѣдующаго года. Когда корневище утолщается въ клубень, богатый запасомъ питательныхъ веществъ, то связь его съ материнскимъ растеніемъ можетъ прерваться раньше того, чѣмъ изъ почекъ, находящихся въ клубнѣ, вырастутъ новыя растенія. Если корневища принимаютъ дискообразную широкую поверхность съ многочисленными листками (луковица), богатыми запаснымъ матеріаломъ, то въ пазухѣ листковъ возникаютъ почки, дающія начало новымъ луковичкамъ, изъ которыхъ затѣмъ произрастаютъ новыя растенія. Иногда луковички образуются въ цвѣтахъ вмѣсто сѣмени (чеснокъ). Всѣ эти роды размноженія могутъ существовать рядомъ съ половымъ размноженіемъ посредствомъ сѣмянъ, но обыкновенно они вытѣсняютъ послѣднее на задній планъ, такъ что у большинства растеній, способныхъ къ безполовому размноженію, оно является почти или вполнѣ исключительнымъ.

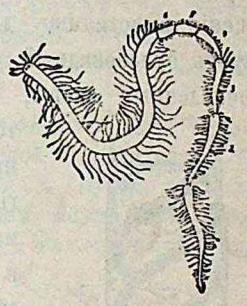


Рис. 125.—Myrianida, щетинконогій червь изъ кольчатыхъ, размножающійся многократнымъ почкованіемъ. Числа указываютъ на порядокъ образованія дочернихъ животныхъ изъ материнскаго (съ лѣвой стороны).

Даже у сравнительно высоко организованныхъ многоклѣточныхъ животныхъ, помимо полового размноженія, встрѣчается почкованіе напр., у аннелидъ или кольчатыхъ червей. Происходитъ или простое удвоеніе животнаго вслѣдствіе поперечнаго дѣленія или, благодаря многократному почкованію, образуются дочерніе организмы, причемъ они не отдѣляются другъ отъ друга. Такимъ образомъ получается длинная цѣпь различнаго возраста животныхъ, соединенныхъ другъ съ другомъ, какъ это видно изъ рис. 125, на которомъ изображена Myrianida fasciata. Процессъ протекаетъ подобнымъ образомъ, какъ это было сказано въ § 5 при размноженіи посредствомъ искусственнаго дѣленія, только здѣсь новые органы (ротъ, хвостъ) образуются передъ окончательнымъ отдѣленіемъ.

6. Конъюгація. Во всѣхъ разсмотрѣнныхъ до сихъ поръ способахъ размноженія молодыя или дочернія особи образуются только изъ одной основной или материнской, причемъ послѣдняя или цѣликомъ переходитъ въ первыя, какъ это бываетъ при дѣленіи, или только часть ея, какъ при почкованіи или спорообразованіи. Въ противоположность этому, у высшихъ животныхъ исключительно, у низшихъ нерѣдко рядомъ съ вышеуказанными способами размноженія, существуетъ еще другой, при которомъ только соединеніе двухъ клѣтокъ дастъ возможность развитію новаго поколѣнія. Клѣтки эти могутъ быть одинаковы или различны. Въ послѣднемъ случаѣ размноженіе называется половымъ, и различаются мужскіе и женскіе половые продукты. Въ первомъ случаѣ, который мы можемъ считать подготовительной ступенью къ половому размноженію, происходитъ соединеніе двухъ клѣтокъ, которыя не выказываютъ никакой или, по крайней мѣрѣ, никакой замѣтной половой дифференцировки. Въ этомъ процессѣ могутъ участвовать не спеціально предназначенныя для размноженія клѣтки, но цѣлыя особи *), изъ соединенія которыхъ образуются новыя поколѣнія. Процессы эти извѣстны подъ именемъ конъюгаціи.

Конъюгація особей наблюдалась у многихъ простѣйшихъ, которыя обыкновенно размножаются дѣленіемъ; по всей вѣроятности, она присуща всѣмъ имъ. Особи прилегаютъ другъ къ другу и затѣмъ, спустя нѣкоторое время, послѣ того какъ произошелъ взаимный обмѣнъ между ихъ составными частями, снова расходятся. Болѣе извѣстный случай

*) Индивидуумы, которые или цѣликомъ или только части которыхъ соединяются въ одно цѣлое, должны быть одинаковы или принадлежать къ сродственнымъ видамъ (въ смыслѣ систематики). Подробности объ этомъ см. въ слѣдующей главѣ

такого рода мы разсмотримъ подробнѣе ниже (Paramaecium). Въ другихъ случаяхъ особи совершенно сливаются, образуютъ, такъ называемую, зигоспору, изъ которой впослѣдствіи развиваются новые индивидуумы (Heteromita изъ жгутиковыхъ инфузорій, Flagellata).

Конъюгація встрѣчается у многихъ животныхъ и растительныхъ организмовъ одновременно съ другими способами размноженія. Плѣсени, принадлежащія къ роду Mucor, размножаются обыкновенно посредствомъ споръ. Онѣ состоятъ изъ длинныхъ сильно развѣтвленныхъ клѣтокъ (гифы), которыя на влажной средѣ (навозѣ, хлѣбѣ и т. п.) образуютъ плотный покровъ, такъ называемаго, мицелія. Нѣкоторыя изъ этихъ клѣтокъ поднимаются перпендикулярно надъ слоемъ мицелія въ формѣ нѣжныхъ нитей, называемыхъ атмосферными гифами; на концахъ ихъ образуется въ видѣ отдѣленнаго перегородкой утолщенія вмѣстилище для споръ—спорангій; перегородка впячивается въ спорангій и образуетъ булавовидный столбикъ—Columella. Въ спорангіи путемъ дѣленія возникаютъ многочисленныя споры, овальныя блестящія тѣльца, состоящія изъ протоплазмы, ядра и толстой оболочки. Они удерживаются вмѣстѣ посредствомъ студенистой, способной къ сильному разбуханію массы. Спѣлый спорангій лопается при самомъ нѣжномъ соприкосновеніи; студенистая масса набухаетъ въ водѣ, находящіяся въ ней споры разсѣиваются и даютъ начало новымъ гифамъ. Но кромѣ этого, самаго обыденнаго способа размноженія, при нѣкоторыхъ условіяхъ происходитъ конъюгація. Изъ двухъ сосѣднихъ гифъ вырастаютъ боковые отростки. Какъ только они соприкоснутся между собою, на концѣ каждаго изъ нихъ появляется по перегородкѣ, отграничивающей по небольшой клѣткѣ. Объ эти клѣтки, гаметы, вскорѣ вслѣдствіе растворенія разграничивающей ихъ оболочки, сливаются въ одну зигоспору, которая окружается толстымъ покровомъ, снабженнымъ обыкновенно шипами. Она въ такомъ видѣ можетъ довольно долго оставаться въ покоѣ и послѣ разрыва капсулы даетъ начало образованію новыхъ гифъ.

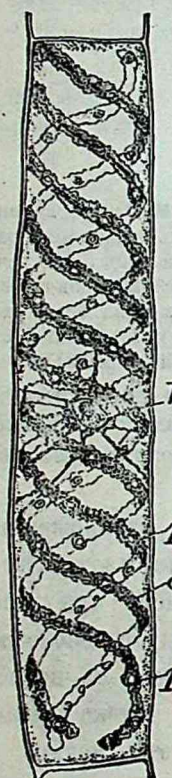


Рис. 126. Клѣтка нити Spirogyra, увеличено въ 200 разъ; *k* ядро; *p*—пиреноидъ); *ch*—спиральная хлорофилльная лента.

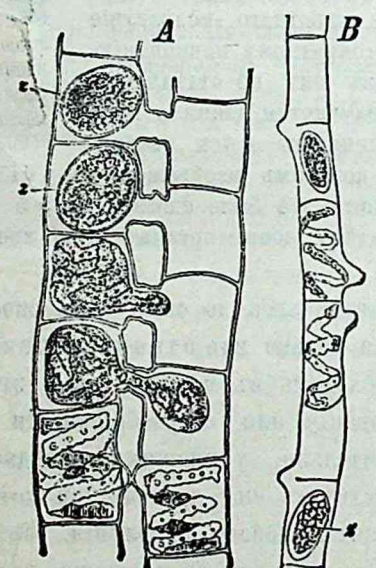


Рис. 127. Конъюгація у двухъ различныхъ видовъ Spirogyra: *A*—*Sp. quinina*; *B*—*Sp. longata*: *z*—зигоспора, образованная конъюгаціей двухъ протопластовъ.

Нѣсколько иначе протекаетъ процессъ конъюгаціи въ одномъ классѣ водорослей, называемыхъ поэтому, въ отличіе отъ другихъ, конъюгатами. Разсмотримъ водоросль изъ рода Spirogyra (рис. 126). Она состоитъ изъ длинныхъ нитей, образованныхъ клѣтками, и растетъ путемъ дѣленія клѣтокъ. Протоплазма покрываетъ стѣнку клѣтокъ тонкимъ слоемъ; нѣжныя ея нити тянутся внутрь до клѣточнаго ядра, точно также окруженнаго протоплазмой. Очень своеобразно здѣсь хлорофилльное тѣльце; оно состоитъ у изображенной здѣсь Spirogyra изъ трехъ спирально извивающихся тонкихъ лентъ.

Когда нить достигла извѣстной величины, наступаетъ конъюгація. У нѣкоторыхъ родовъ Spirogyra, какъ это видно изъ рис. 127 *A*, въ клѣткахъ двухъ рядомъ лежащихъ нитей образуются боковые отростки, приходящіе, наконецъ, во взаимное соприкосновеніе и, вслѣдствіе растворенія оболочки, сливающіеся другъ съ другомъ. Тогда содер-

жимое клѣтки, принадлежащей нити, нарисованной съ правой стороны, переходитъ въ клѣтку другой нити; протоплазма и ядро сливаются и покрываются плотной оболочкой. Образовавшіяся такимъ образомъ зигоспоры могутъ, безъ вреда, выдерживать высушиваніе и низкую температуру зимы. Изъ нихъ впослѣдствіи образуются новыя нити клѣтокъ. У другихъ видовъ происходитъ сліяніе сосѣднихъ клѣтокъ одной и той же нити, какъ это представлено на рис. 127 *B*.

Сліяніе двухъ клѣтокъ, подготовляющихся къ конъюгаціи, совершается, какъ и у Spirogyra, такъ и у Mucor, благодаря разрастанію. У Spirogyra тогда происходитъ переходъ протопластовъ изъ одной клѣтки въ другую, находящуюся въ покоѣ, у Mucor же не можетъ быть обнаружено такое активное передвиженіе протоплазмы. Въ различномъ отношеніи обѣихъ гаметъ Spirogyra мы находимъ первое указаніе на половыя различія, выступающія всегда при настоящей половой конъюгаціи. По аналогіи мы можемъ подвижныхъ гаметъ назвать мужскими, неподвижныхъ женскими, хотя невозможно подмѣтить какое-нибудь замѣтное различіе между ними.

Въ обоихъ случаяхъ, представленныхъ на рис. 127 A и B, представляется еще одно различіе въ распредѣленіи половъ. У Spirogyra quinina (A) въ одной нити находятся только мужскія, въ другой только женскія гаметы; у Spirogyra longata (B) оба рода встрѣчаются въ одной и той же нити. По аналогіи съ высшими растеніями можно первыя водоросли назвать двуполовыми или двудомными, вторыя однополовыми или однодомными.

Типичными примѣрами конъюгаціи различныхъ между собою элементовъ, происходящихъ изъ одной и той же клѣтки, могутъ служить нѣкоторые виды сувойки (Vorticella).

Сувойки размножаются путемъ дѣленія. Подковообразное ядро растягивается и принимаетъ поперечное положеніе относительно продольной оси; тогда происходитъ расщепленіе похожаго на колоколъ тѣла, такъ что на одномъ и томъ же стеблѣ сидятъ два колокола. Одинъ изъ нихъ вытягивается, принимаетъ болѣе цилиндрическую форму и образуетъ на проксимальномъ или стеблевомъ концѣ второй вѣнчикъ рѣсничекъ. Тогда онъ отдѣляется отъ своего стебелька, нѣкоторое время плаваетъ свободно, затѣмъ къ чему-нибудь прикрѣпляется, теряетъ нижній вѣнчикъ рѣсничекъ и образуетъ новый стебель*). Но иногда части, возникшія дѣленіемъ, значительно различаются по величинѣ; или одна, образованная дѣленіемъ, часть сейчасъ же дѣлится дальше на болѣе мелкія, иногда числомъ до восьми. Эти такъ называемыя микроспоры плаваютъ свободно, пока не встрѣтятся съ обыкновенной клѣткой, мегаспорой. Онѣ прилѣпляются къ ней вблизи стеблевого конца и сливаются съ ней. Изъ такой, слившейся съ чуждой частью, особи путемъ обыкновеннаго дѣленія образуются новыя сувойки. См. рис. 128.

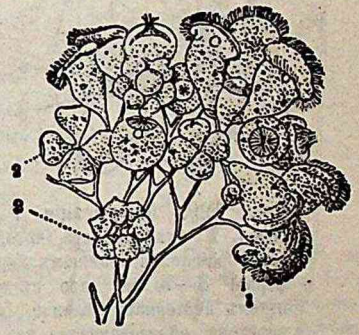


Рис. 128. Часть колоніи Epistylis umbellaria. 1—микроспора, сливающаяся съ мегаспорой; 2—многочисленныя микроспоры, возникшія дѣленіемъ.

Опять нѣсколько иначе протекаетъ конъюгація у Paramaecium. Какъ показано на рисункахъ 129, 1 до 6, двѣ особи прикладываются другъ къ другу такимъ образомъ, что соприкасаются своими ротовыми отверстіями. Въ теченіе слѣдующаго затѣмъ очень сложнаго процесса отверстія эти совершенно исчезаютъ и образуются снова только послѣ отдѣленія одного индивидуума отъ другого. Главныя ядра распадаются на большое число мелкихъ обломковъ, сливающихся съ протоплазмой. Еще раньше придаточныя ядра (см.

*) Свободно плавающая клѣтка, отличная отъ типичныхъ неподвижныхъ клѣтокъ сувойки, напоминаетъ то, что у многоклѣточныхъ называется обыновенно «личинками».

рис. 129) превращаются въ т. наз. веретена и дѣлятся два раза, такъ что въ каждой особи образуются четыре ядерныя веретена, происшедшія изъ придаточнаго ядра. Изъ нихъ три впослѣдствіи исчезаютъ; четвертое дѣлится снова, и одна изъ его половинъ въ каждой особи проходитъ черезъ образовавшійся на мѣстѣ прежнихъ ротовыхъ отверстій протоплазматическій мостикъ внутрь другой особи и сливается съ оставшеюся тамъ половиной. Полученныя такимъ образомъ новыя ядра опять дѣлятся; изъ одной части образуется новое главное ядро, изъ другой новое придаточное. Послѣ этого въ отдѣлившихся другъ отъ друга особяхъ наступаетъ размноженіе посредствомъ дѣленія.

7. Половое размноженіе. Еще ближе къ процессамъ, обозначаемымъ какъ половое размноженіе, стоитъ оплодотвореніе у Volvox, который мы раньше приводили (гл. 12 § 11) въ качествѣ примѣра колоніи, состоящей изъ различныхъ особей. Путемъ повторнаго дѣ-

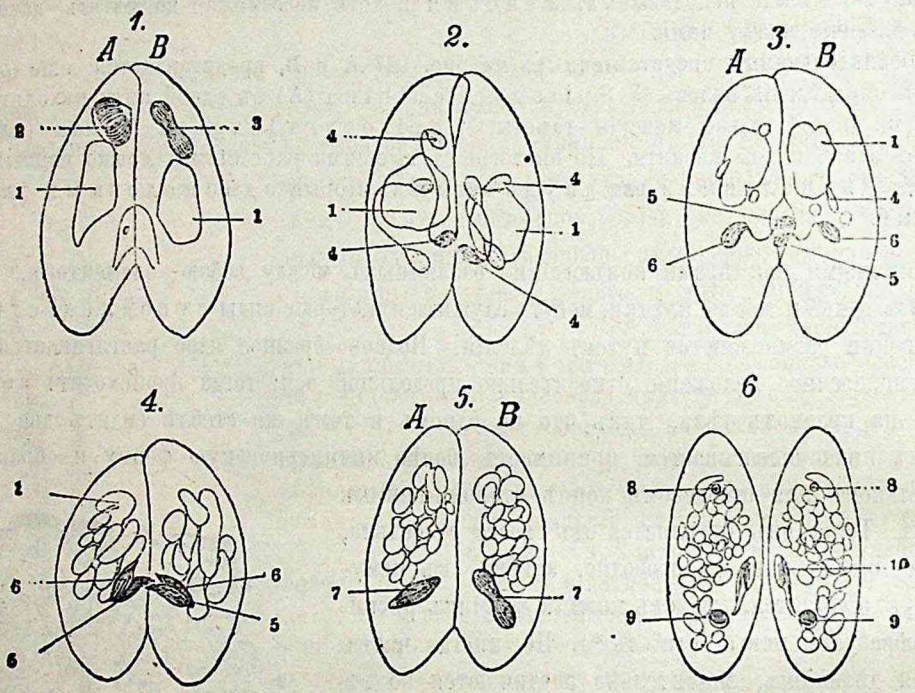


Рис. 129. Конъюгація Paramaecium, схематически. *A* и *B* двѣ конъюгирующія особи. 1 главное ядро, которое распадается и позднѣе (см. № 6) замѣняется вновь образовавшимся главнымъ ядромъ 9; 2—придаточное ядро, получившее веретенообразную форму; 3—то же ядро въ стадіи дѣленія; 4—ядра, образовавшіяся изъ придаточнаго путемъ повторнаго дѣленія; 5—странствующія ядра; 6 стаціонарныя ядра; 7—новыя веретена, образовавшіяся изъ сліянія странствующаго и стаціонарнаго ядеръ; 8—возникшія изъ нихъ новыя придаточныя ядра и 9—новыя главныя ядра; 10—новыя ротовыя отверстія.

ленія клѣтокъ въ однѣхъ изъ нихъ образуются яйца, въ другихъ пучки зооспоръ (сравн. рис. 51, стр. 201). Послѣднія выдѣляются наружу и двигаются въ водѣ при помощи своихъ жгутиковъ. Онѣ при случаѣ встрѣчаются съ такими же колоніями, находящимися послѣ удаленія изъ нихъ зооспоръ, въ состояніи распаденія, конъюгируютъ съ яйцевыми клѣтками, изъ которыхъ затѣмъ дѣленіемъ и дифференцировкой образуются новыя колоніи.

При половомъ размноженіи, въ собственномъ смыслѣ слова, половые продукты, изъ сліянія которыхъ образуются новыя особи, различны между собою не только въ морфологическомъ, но и въ физіологическомъ отношеніи. Одинъ изъ нихъ, называемый яйцомъ, представляетъ собою клѣтку, которая дѣленіемъ и дифференцировкой вновь возникшихъ клѣтокъ даетъ начало новому индивидууму. Но это развитіе можетъ имѣть мѣсто только послѣ того, какъ яйцо слилось съ клѣткой другого рода—живчикомъ или сперматозоидомъ. Яйцо должно быть оплодотворено. Оплодотвореніе состоитъ въ конъюгаціи яйца

съ живчикомъ; такимъ образомъ, половое размноженіе, въ тѣсномъ смыслѣ слова, представляетъ собою одинъ изъ случаевъ тѣхъ процессовъ, о которыхъ мы говорили въ предыдущихъ параграфахъ.

Яйцо и живчикъ образуются или въ одномъ и томъ же индивидуумѣ, или въ двухъ различныхъ. Въ послѣднемъ случаѣ мы имѣемъ дѣло съ раздѣльными полами, женскимъ, доставляющимъ яйцо, и мужскимъ, вырабатывающимъ сперму. Обыкновенно половые продукты образуются въ спеціальныхъ половыхъ органахъ; въ случаѣ, если они находятся въ одной и той же особи, располагаются въ различныхъ мѣстахъ организма. Мужскія клѣтки, сперматоиды, почти всегда обладаютъ свойствомъ двигаться и хемотактическимъ стремленіемъ къ сближенію съ яйцомъ, которое обыкновенно остается въ покоѣ. Различныя побочныя условія ускоряютъ это сближеніе; у растеній, напр., распространеніе сѣмени посредствомъ вѣтра, насѣкомыхъ и т. д., у животныхъ различныя приспособленія для оплодотворенія.

Если половые продукты обоихъ родовъ образуются въ одной и той же особи, то говорятъ о гермафродитизмѣ. Тогда возможно самооплодотвореніе, конъюгація яйца и спермы того же самаго индивидуума. У нѣкоторыхъ видовъ такой процессъ является правиломъ. Но въ большинствѣ случаевъ онъ встрѣчаетъ затрудненія, и совершается легче конъюгація между мужскими и женскими элементами, происходящими отъ отдѣльныхъ индивидуумовъ; это называется перекрестнымъ оплодотвореніемъ.

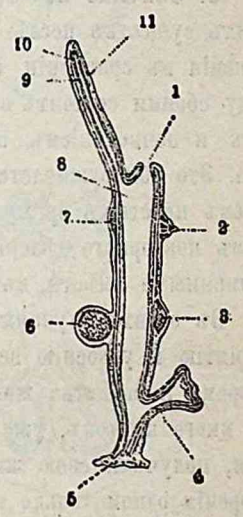


Рис. 130.—Схематическій продольный разрѣзъ гидры. 1 – ротовое отверстіе; 2 – сѣмянники; 3—яйцо; 4 почка; 5 - основаніе ножки; 6 спѣлое яйцо; 7 - сѣмянники; 8 - - пищеварительная полость; 9 — поддерживающая пластинка; 10 – энтодерма; 11 — эктодерма.

Половое размноженіе встрѣчается у многихъ низшихъ организмовъ одновременно съ другими способами размноженія, какъ дѣленіе и т. п. У упоминаемой уже много разъ гидры (Hydra), напр., кромѣ описанныхъ почекъ (§ 5) въ нѣкоторыхъ мѣстахъ эктодермы наблюдается образованіе яицъ, въ другихъ сѣмянныхъ нитей, такъ что, по аналогіи съ высшими животными, можно говорить объ яичникѣ и сѣмянникѣ (см. рис. 130).

Яйца образуются изъ скопленія многихъ клѣтокъ, образующихъ бугорокъ на эктодермѣ, обыкновенно вблизи основанія полипа. Одна изъ этихъ клѣтокъ начинаетъ усиленно расти, принимаетъ амебоидную форму, увеличивается на счетъ другихъ клѣтокъ; послѣднія распадаются, и ихъ части служатъ пищею для первой клѣтки. Образовавшееся такимъ образомъ яйцо втягиваетъ свои псевдоподіи. Слой эктодермы, покрывающій его, разрывается, и яйцо освобождается. Въ сѣмянникѣ изъ каждой клѣтки образуются сѣмянныя нити съ головкою и хвостикомъ; онѣ точно также, послѣ разрыва внѣшнихъ клѣтокъ, дѣлаются свободными, плаваютъ въ водѣ, благодаря движеніямъ своихъ хвостиковъ, и вступаютъ въ конъюгацію съ яйцомъ.

У другихъ кишечнополостныхъ половые продукты образуются въ энтодермѣ. У нихъ, какъ и у гидры, нѣтъ никакихъ особыхъ приспособленій для выдѣленія половыхъ продуктовъ. Если же яйца и сѣмянныя клѣтки образуются изъ мезодермы, тогда появляются еще отдѣльные органы для ихъ выдѣленія и для оплодотворенія; эти органы обыкновенно по своему развитію связаны съ мочеотдѣлительными. Отсюда названіе мочеполовая система.

Въ растительномъ мірѣ различные роды размноженія, безполовое и половое, часто встрѣчаются одновременно другъ подлѣ друга. Мужскимъ половымъ продуктамъ свойственна часто подвижность, благодаря присутствію рѣсничекъ (подвижныя споры). Но это не бываетъ у высшихъ растеній, явнобрачныхъ, у которыхъ они образуются въ цвѣтахъ; тутъ мужскіе продукты, цвѣточная пыль, нуждаются въ вышеупомянутомъ содѣйствіи вѣтра, насѣкомыхъ и проч., чтобы достигнуть тѣхъ мѣстъ, гдѣ могутъ встрѣтиться съ яйцами. Половые органы расположены или на одномъ и томъ же индивидуумѣ (однодомныя растенія) или на различныхъ (двудомныя); притомъ они помѣщаются или въ одномъ цвѣткѣ или въ различныхъ, мужскіе въ тычинкахъ, женскіе въ пестикѣ. Яйца, образованныя въ послѣднемъ, оплодотворяются

пыльцей изъ тычинокъ, когда она попадаетъ на *пыльце* пестика. Здѣсь каждая клѣтка пыльцы вырастаетъ въ трубку, проникающую въ пестикъ, вслѣдъ за чѣмъ происходитъ сліяніе обѣихъ половыхъ клѣтокъ. Изъ оплодотвореннаго яйца образуется *зародышъ*, который вмѣстѣ съ питательнымъ матеріаломъ, въ немъ отложеннымъ, представляетъ собою сѣмя (срав. гл. 15 § 4).

Изъ сказаннаго выше очевидно, что нѣтъ рѣзкой разницы между процессами конъюгаціи и настоящимъ половымъ размноженіемъ, но что они связываются постепенными переходными формами. Между простымъ соединеніемъ двухъ одинаковыхъ клѣтокъ и оплодотвореніемъ клѣтки съ ясно выраженнымъ женскимъ характеромъ такою же мужскою существуетъ непрерывный рядъ промежуточныхъ переходовъ. Самымъ простымъ случаемъ можно считать сліяніе одинаковыхъ клѣтокъ, какъ это бываетъ у *Heterogonita* и у *Mucor*. Затѣмъ слѣдуетъ конъюгація еще одинаковыхъ протоплазматическихъ массъ, изъ которыхъ одна неподвижна, другая движется. Это уже напоминаетъ половыя различія, такъ какъ при половомъ размноженіи всегда *мужская* клѣтка должна дойти до *женской*, что въ большинствѣ случаевъ достигается способностью движенія, присущей мужской клѣткѣ. Конъюгація сувоекъ представляетъ намъ опять новую сторону половыхъ различій. Конъюгирующія части значительно разнятся по величинѣ другъ отъ друга; подвижный мужской зародышъ, микроспора, меньше неподвижной женской мегаспоры, отношеніе наблюдаемое у настоящихъ половыхъ продуктовъ, яйца и сѣмянной нити. Наконецъ, у *Paramaecium* та выдающаяся роль, какую играютъ придаточныя ядра въ конъюгаціи, весьма похожа на нѣкоторые процессы при половомъ оплодотвореніи.

8. Значеніе полового размноженія. Прежде чѣмъ мы перейдемъ къ описанію развитія новыхъ существъ послѣ оплодотворенія, разсмотримъ значеніе конъюгаціи и полового размноженія въ сравненіи съ процессами, описанными выше въ § 5. Существенное отличіе между обоими состоитъ въ *соединеніи двухъ клѣточныхъ особей*. Размноженіе дѣленіемъ и почкованіемъ, собственно говоря, представляетъ собою не что иное, какъ родъ роста. Это обнаруживается особенно наглядно, когда мы сравнимъ ростъ дерева съ размноженіемъ простыхъ организмовъ, въ родѣ бактерій. Въ обоихъ случаяхъ изъ одной клѣтки, путемъ повторнаго дѣленія, возникаютъ цѣлые милліоны ихъ. Въ одномъ случаѣ онѣ остаются соединенными вмѣстѣ, въ другомъ каждая клѣтка дѣлается сейчасъ же самостоятельною.

Въ обоихъ случаяхъ увеличеніе живой матеріи можетъ происходить только благодаря воспріятію и усвоенію веществъ. Вся вновь образованная протоплазма пріобрѣтаетъ въ то же время и свойства живой матеріи. Большое, старое дерево *) хотя и заключаетъ въ себѣ много клѣтокъ, уже умершихъ, но всѣ онѣ, равно какъ и живущія еще въ данное время, получили свою жизнь изъ сѣмени, зародышъ котораго образовался вслѣдствіе оплодотворенія одной только клѣтки.

Сопоставимъ теперь слѣдующіе факты. У организмовъ, размножающихся дѣленіемъ, мы встрѣчаемъ иногда конъюгацію или половое размноженіе, послѣ чего опять съ возобновленной силою выступаетъ дѣленіе. У высшихъ организмовъ, размножающихся исключительно половымъ путемъ, послѣ оплодотворенія, наступаетъ періодъ весьма усиленнаго роста, какъ это видно при развитіи новыхъ особей. Имѣя въ виду эти факты, мы приходимъ къ заключенію, что способность къ дѣленію съ теченіемъ жизни ослабѣваетъ, и что конъюгація или оплодотвореніе опять усиливаетъ ее, т.-е. какимъ-то образомъ ее *обновляетъ* **).

Мы не въ состояніи сказать, какъ происходитъ это оживленіе. Все, что намъ извѣстно, сводится къ факту, что соединеніе можетъ происходить между особями или продук-

*) Нѣкоторыя деревья могутъ достигать больше, чѣмъ тысячелѣтняго возраста.

**) Въ примѣчаніи къ стр. 196 было указано, что при дѣленіи часть материнскаго тѣла всегда переходитъ къ потомству. То же самое имѣетъ мѣсто при половомъ размноженіи, только эта часть весьма незначительна. Если у *всѣхъ* живыхъ существъ должна происходить время-отъ-времени конъюгація, ради сохраненія вида, какъ это показываютъ наблюденія надъ простѣйшими, то тогда различіе между ними и организмами, размножающимися половымъ путемъ, не такъ велико, какъ бы это могло сперва казаться. Первыхъ нельзя было бы назвать вполнѣ безсмертными, они точно такъ же, какъ и послѣдніе, стараются и продолжаютъ дальше жить только въ своемъ потомствѣ.

тами особей того же вида или, по крайней мѣрѣ, видовъ, близко стоящихъ другъ къ другу въ систематикѣ, и что, при соблюденіи этого условія, оживленіе происходитъ, повидимому, тѣмъ совершеннѣе, чѣмъ менѣе родственны другъ другу конъюгирующіе элементы. Несомнѣнно, распространенныя воззрѣнія о вредѣ связи между родственными членами преувеличены, такъ какъ въ природѣ мы весьма часто встрѣчаемъ такія связи, но тѣмъ не менѣе скрещиваніе, такъ называютъ конъюгацію продуктовъ различнаго происхожденія въ противоположность конъюгаціи между близко родственными элементами (Inzucht), во многихъ случаяхъ оказывается несомнѣнно болѣе благопріятнымъ для потомства *).

Сообразно съ этимъ мы встрѣчаемъ много условій, мѣшающихъ конъюгаціи между элементами одинаковаго происхожденія и въ то же время благопріятствующихъ скрещиванію.

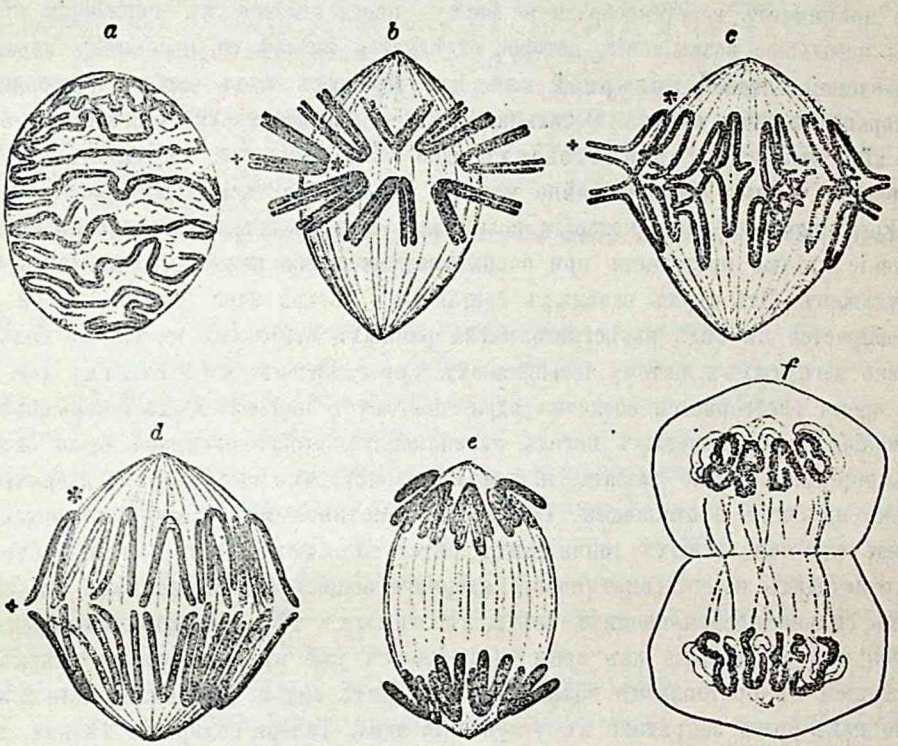


Рис. 131. Схематическое изображеніе митотическаго дѣленія ядра: *a* — хроматиновое вещество, свернутое въ формѣ клубка; *b* материнская звѣзда, петли начинаютъ отдѣляться; *c* и *d* - петли расходятся; *e* - двойная звѣзда; *f* - клубковидныя формы ядеръ двухъ новыхъ растительныхъ клѣтокъ (покрытыхъ оболочками).

Много такихъ приспособленій встрѣчается у цвѣтовъ растеній. Впрочемъ, самоопыленіе двуполыхъ цвѣтовъ нерѣдко остается безъ вредныхъ послѣдствій. У нѣкоторыхъ конъюгатъ, какъ мы видѣли (см. рис. 127 *B*), конъюгація происходитъ иногда между сосѣдними клѣтками той же водоросли, слѣдовательно, между потомками одной и той же споры. Но уже у сувойки свободно плавающіе микрозоиды могутъ одинаково легко конъюгировать съ чужими

*) Господствующія воззрѣнія о вредныхъ послѣдствіяхъ связей между родственными членами основываются на опытѣ скотоводовъ и садовниковъ, а также на наблюденіи родственныхъ связей у людей. Но не слѣдуетъ забывать, что здѣсь мы имѣемъ дѣло съ организмами, во многихъ отношеніяхъ, сильно удалившимися отъ естественныхъ условій жизни. Нѣтъ ничего удивительнаго, что потомки двухъ организмовъ, уклонившихся въ одномъ направленіи отъ нормы, въ сущности слѣд. болѣзненныхъ, представятъ намъ тѣ же уклоненія въ болѣе усиленной степени. Но тѣмъ не менѣе точно установлены факты, что даже въ нѣсколькихъ подъ рядъ слѣдующихъ поколѣніяхъ связи между ближайшими родственниками (сестрами и братьями) дали вполнѣ здоровое потомство.

макрозоидами, какъ и съ тѣми, которыя выросли на томъ же стеблѣ. То же самое относится ко всѣмъ гаметамъ, двигающимся при помощи бичей или рѣсничекъ. Однимъ словомъ, мы можемъ принять, что соединеніе гаметъ различнаго происхожденія сглаживаетъ съ теченіемъ времени односторонніе индивидуальныя уклоненія отъ средняго характера вида и что это оказываетъ благопріятное вліяніе на сохраненіе жизни организмовъ и на ихъ нормальную физіологическую дѣятельность.

9. Дѣленіе ядра. Развитію новой особи, вызываемому оплодотвореніемъ, должны предшествовать измѣненія въ яйцѣ, называемыя созрѣваніемъ яйца. На нѣкоторыхъ яйцахъ процессъ этотъ удается хорошо прослѣдить во всемъ его теченіи, и предполагаютъ, что и у всѣхъ онъ протекаетъ такимъ же или подобнымъ образомъ. Ядерная оболочка растворяется, само ядро принимаетъ веретенообразную форму, передвигается къ периферіи яйца, здѣсь образуется небольшое возвышеніе, которое отдѣляется вмѣстѣ съ половиною ядра, въ видѣ такъ называемой первой полярной клѣтки. Процессъ этотъ затѣмъ повторяется; отдѣляется вторая полярная клѣтка. Остальная часть ядра представляетъ собою ядро зрѣлаго яйца. Въ яйцо проникаетъ сперматозоидъ; ядро яйца сливается съ ядромъ сперматозоида; оплодотворенное такимъ образомъ яйцо можетъ дальше дѣлиться и образовать шаръ дробленія (Furchungskugel), изъ котораго возникаетъ зародышъ новаго организма.

Дѣленіе клѣтки протекаетъ при очень своеобразныхъ явленіяхъ, на нихъ мы теперь вкратцѣ укажемъ. Изъ двухъ главныхъ составныхъ частей ядра (сравн. гл. 12, § 3) хроматинъ собирается въ видѣ извѣстнаго числа равныхъ отрѣзковъ нитей, по большей части петлеобразно загнутыхъ и потому называемыхъ хроматиновыми петлями (см. рис. 131). Въ то же время растворяется оболочка ядра; поэтому о наблюдаемыхъ теперь образованіяхъ, за исключеніемъ хроматиновыхъ петель, отличающихся особенною красящеюся способностью, нельзя съ опредѣленностью сказать, насколько происходятъ они на счетъ ядернаго вещества и насколько на счетъ протоплазмы. Рядомъ съ хроматиновыми петлями появляется состоящее вначалѣ изъ многочисленныхъ тончайшихъ нитей веретено, которое во всякомъ случаѣ отчасти происходитъ изъ ахроматиноваго ядернаго вещества. На концахъ его видимы два небольшихъ, сильно преломляющихъ свѣтъ полярныхъ тѣльца. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ наблюдалось ихъ образованіе изъ предсуществующей уже въ покоющейся клѣткѣ центрозомы, лежащей въ протоплазмѣ вблизи ядра въ видѣ сильно преломляющаго свѣтъ тѣльца; иногда оно какъ-будто запрятано въ углубленіи ядра. Теперь полярныя тѣльца, нити веретена и хроматиновыя петли располагаются такимъ образомъ, что послѣднія въ срединной плоскости веретена образуютъ звѣзду—материнская звѣзда (рис. 131, b). Затѣмъ каждая хроматинная петля расщепляется по длинѣ на двѣ половины, отходящія другъ отъ друга по направленію къ полярнымъ тѣльцамъ (рис. 131, c). Послѣднія все больше отдаляются другъ отъ друга, при этомъ ахроматиновое веретено дѣлается все длиннѣе, и половины хроматиновыхъ нитей все больше отходятъ другъ отъ друга (рис. 131, d). Наконецъ, петли звѣздообразно располагаются вокругъ полярныхъ тѣлецъ (стадія двойной звѣзды, рис. 131, e), тогда начинается дѣленіе протоплазмы путемъ образованія пережима въ плоскости, отвѣчающей срединной плоскости ахроматиноваго веретена, или далѣе у растеній, съ образованіемъ оболочки въ той же плоскости. Обѣ половины хроматиновыхъ петель превращаются каждая въ хроматиновый остовъ новаго ядра, вскорѣ отграничивающагося ядерной оболочкой. Полярныя тѣльца иногда остаются въ видѣ центрозомы въ новыхъ клѣткахъ, но въ большинствѣ случаевъ мы не знаемъ ничего опредѣленнаго объ ихъ дальнѣйшей судьбѣ и о судьбѣ волоконъ веретена; мы не знаемъ, насколько воспринимаются они новыми ядрами или растворяются въ протоплазмѣ. За дѣленіемъ ядра слѣдуетъ теперь полное отдѣленіе обоихъ протопластовъ вслѣдствіе отшнуровыванія или образованія новой оболочки.

Такой видъ дѣленія ядра повторяется и при послѣдующихъ многочисленныхъ клѣточ-

ныхъ дѣленій, происходящихъ въ теченіе дальнѣйшаго развитія. Его называютъ каріокинезомъ или митозомъ и само дѣленіе клѣтокъ митотическимъ. Въ исключительныхъ случаяхъ встрѣчается амитотическое дѣленіе клѣтокъ, когда ядро и протоплазма дѣлятся простымъ отшнуровываніемъ. Повидимому, это бываетъ съ тѣми клѣтками, которыя вскорѣ затѣмъ погибаютъ или переходятъ въ состояніе покоя и дѣлаются неспособными къ дальнѣйшему дѣленію.

Послѣ отдѣленія первой полярной клѣтки въ извѣстныхъ случаяхъ у нѣкоторыхъ организмовъ происходитъ безъ послѣдующаго оплодотворенія дальнѣйшее развитіе, которое можетъ дойти до образованія новыхъ организмовъ; это такъ называемый партеногенезъ. Онъ встрѣчается въ исключительныхъ случаяхъ у растеній (у Chara crinita), довольно часто у членистоногихъ животныхъ. У пчелъ царица кладетъ яйца двухъ родовъ: оплодотворенныя, изъ которыхъ развиваются работницы и царицы, и неоплодотворенныя, изъ которыхъ вырастаютъ мужскія пчелы, трутни. У дафній (водяныхъ жаберноногихъ) въ продолженіе всего лѣта развиваются партеногенетически только женскія особи; и только послѣднее поколѣніе каждаго года состоитъ изъ мужскихъ и женскихъ. Изъ оплодотворенныхъ зимнихъ яицъ съ толстой скорлупой образуется на слѣдующее лѣто новое поколѣніе, которое слѣдуетъ тому же порядку въ своемъ развитіи. Нѣчто похожее встрѣчается у Aphididae или травяныхъ вшей.

Партеногенезъ такимъ образомъ представляетъ собою одинъ изъ видовъ безполового размноженія, его можно сравнивать съ почкованіемъ.

10. Развитіе. Между процессомъ оплодотворенія и моментомъ, когда организмъ достигаетъ своей окончательной и развитой формы, лежитъ цѣлый рядъ промежуточныхъ ступеней, изслѣдованіе которыхъ составляетъ предметъ исторіи развитія. У многихъ животныхъ развитіе или, какъ также называютъ, онтогенезъ совершается внутри материнскаго организма, который молодому, неспособному къ самостоятельной жизни существу доставляетъ пищу и т. п. Въ другихъ случаяхъ оплодотворенное яйцо выдѣляется сейчасъ же или послѣ того, какъ совершились въ немъ первыя ступени развитія, причемъ часто материнскій организмъ снабжаетъ его извѣстнымъ запасомъ питательныхъ веществъ (запасныя вещества сѣмени у растеній, питательный желтокъ яйца у животныхъ). Иногда также молодой организмъ оказывается способнымъ къ самостоятельному движенію и питанію раньше того, чѣмъ онъ достигъ полнаго развитія. Тогда происходитъ съ нимъ цѣлый рядъ перемѣнъ въ его строеніи, организаціи, образѣ жизни, называемыхъ превращеніемъ или метаморфозомъ. Метаморфозъ больше всего извѣстенъ у насѣкомыхъ, которыя подвержены тройному превращенію: личинка *), куколка и imago (сформированное насѣкомое), также у земноводныхъ, ихъ личинки живутъ исключительно въ водѣ и дышатъ жабрами, между тѣмъ какъ развитыя животныя снабжены легкими (сравн. гл. 2 § 15 и гл. 14 § 8 и слѣд.).

Иногда личинки могутъ двигаться, между тѣмъ какъ сформированныя животныя остаются неподвижны. Примѣръ этого мы уже видѣли у сувойки, у которой образуются двигающіяся «мерцательныя личинки»; онѣ затѣмъ садятся и развиваютъ изъ себя неподвижную сувойку (сравн. § 6). Подобное встрѣчается у многихъ низшихъ растеній. Точно также у червей и раковъ метаморфозъ сильно распространенъ. Формы личинокъ по своему строенію значительно уклоняются отъ развитыхъ организмовъ и скорѣе напоминаютъ собою другіе типы или виды животныхъ. То же самое относится къ формамъ развитія безъ метаморфоза, совершающимся въ материнскомъ организмѣ. Такъ напр., мы видимъ у зародышей птицъ и млекопитающихъ, включая сюда и человѣка, зачатки дыхательнаго аппарата и кровеносной системы, образованные по типу, характерному для животныхъ съ жабернымъ дыханіемъ. Но между тѣмъ какъ у послѣднихъ эти органы остаются, у животныхъ, снабженныхъ легкими, они вырождаются или перемѣняются въ органы, служащіе для совершенно

*) У бабочекъ онѣ называются гусеницами.

другихъ цѣлей. Такіе факты весьма важны для установленія родства между отдѣльными группами животныхъ, къ этому мы вернемся еще въ слѣдующей главѣ.

У личинокъ никогда не образуются половые продукты, онѣ поэтому не могутъ производить потомства. Точно также животныя, которыя, при оставленіи материнскаго организма (рожденіи), имѣютъ формы и организацію вполнѣ развитыхъ индивидуумовъ, достигаютъ половой зрѣлости послѣ полнаго или почти полнаго окончанія ихъ роста. Какъ исключеніе изъ этого правила существуетъ много низшихъ растеній и животныхъ, у которыхъ слѣдуютъ одно за другимъ различныя между собою поколѣнія, одно возникаетъ половымъ путемъ, другое безполовымъ. Иногда также слѣдуютъ два поколѣнія, возникшія безполовымъ путемъ, такъ что только четвертое поколѣніе одинаково по формѣ и организаціи съ первымъ. Если смотрѣть на поколѣнія, образующіяся изъ оплодотворенныхъ яицъ, какъ на личинки, то слѣдовало бы приписать имъ способность размножаться безполовымъ путемъ.

Такой родъ размноженія называется чередованіемъ поколѣній, такъ какъ поколѣнія, возникшія половымъ и безполовымъ путями мѣняютъ свою форму. Возьмемъ для примѣра представленную на рис. 74 стр. 224 гидромедузу Campanularia; отъ полипа почкованіемъ отдѣляются медузы, онѣ могутъ свободно двигаться, достигаютъ половой зрѣлости, оплодотворяютъ яйца, изъ которыхъ образуются мерцательныя личинки; послѣднія затѣмъ гдѣ-нибудь прикрѣпляются и даютъ опять начало полипамъ. У папоротниковъ образуются на листьяхъ безполовымъ путемъ споры, изъ которыхъ затѣмъ почкованіемъ вырастаютъ растенія, совершенно непохожія на папоротники. Изъ этихъ, такъ-называемыхъ, предростковъ (Prothallium), на которыхъ образуются яйца и сперматозоиды, послѣ оплодотворенія получается новый папоротникъ.

11. Эпигенезъ и эволюція. Мы не можемъ входить въ болѣе подробное изложеніе всѣхъ различныхъ явленій, наблюдаемыхъ при развитіи организмовъ, и должны ограничиться указаніемъ на самые главные пункты. Обратимся еще разъ къ процессу, имѣющему, повидимому, весьма существенное физіологическое значеніе. Уже при конъюгаціи Paramaecium, а еще больше при настоящемъ оплодотвореніи, конъюгаціи яйца со сперматозоидомъ было обращено вниманіе на отношеніе ядра при этихъ процессахъ. Наиболѣе существеннымъ при оплодотвореніи является то, что послѣ оплодотворенія новое ядро, дальнѣйшимъ дѣленіемъ котораго образуются всѣ ядра новаго индивидуума, содержитъ одинаковыя количества отцовскаго и материнскаго хроматиноваго вещества. Что касается полярныхъ тѣлецъ, то, повидимому, одно изъ нихъ образуется изъ яйцевой клѣтки, другое изъ средней части сперматозоида (сравн. рис. 59 стр. 212). Такое равномѣрное распредѣленіе отцовскихъ и материнскихъ элементовъ въ оплодотворенномъ яйцѣ приводитъ къ предположенію, что этимъ обусловливается наслѣдственная передача. Всѣ потомки однихъ и тѣхъ же родителей представляютъ въ предѣлахъ видового характера смѣсь тѣхъ небольшихъ особенностей, которыми каждая особь отличается отъ другой, принадлежащей къ тому же виду. Каждый организмъ то больше походитъ на отца, то больше на мать, но всегда имѣетъ нѣчто и отъ того, и отъ другого. Эти свойства, переданныя родителями, называютъ унаслѣдованными и отличаютъ ихъ отъ индивидуальныхъ, какъ существующихъ уже при рожденіи, такъ и пріобрѣтаемыхъ въ теченіе жизни. Вопросъ о томъ, насколько и послѣднія могутъ быть унаслѣдованы, былъ въ послѣдніе годы предметомъ оживленнаго обсужденія. Имѣющійся фактическій матеріалъ, однако, еще недостаточенъ для точнаго рѣшенія вопроса.

Ясно, что въ оплодотворенномъ яйцѣ существуютъ свойства, опредѣляющія развитіе новаго организма. Если двѣ половины, изъ сліянія которыхъ произошелъ организмъ, принадлежатъ къ одному и тому же виду *), то и новый организмъ обнаруживаетъ тотъ же

*) Понятіе вида слѣдуетъ понимать въ смыслѣ систематики; болѣе подробно см. слѣдующую главу.

видовой характеръ. Если онѣ различны, то развивающійся изъ нихъ организмъ въ случаѣ, если вообще наступаетъ развитіе, обнаруживаетъ смѣсь видовыхъ признаковъ. Такіе организмы, стоящіе между двумя хорошо извѣстными видами, называютъ помѣсями. Изъ нихъ могутъ при нѣкоторыхъ условіяхъ возникать новые виды. Важно имѣть въ виду, что такимъ образомъ возникающій организмъ состоитъ не только изъ обѣихъ слившихся половинъ. Но все, что воспринимаетъ развивающееся яйцо извнѣ, и на счетъ чего оно увеличивается въ своей массѣ, все это оно путемъ ассимиляціи превращаетъ въ живую, ему подобную матерію. Это превращеніе не ограничивается, какъ при обыкновенныхъ процессахъ питанія, однимъ измѣненіемъ химическихъ свойствъ принятыхъ пищевыхъ веществъ (ср. гл. 17, § 12). И совокупность всѣхъ физіологическихъ свойствъ, со включеніемъ не только способности, но и неизбѣжности развиваться въ опредѣленныя формы съ опредѣленными свойствами, проникаетъ всю массу постепенно растущаго организма. Это можно выразить также, сказавши, что въ оплодотворенномъ яйцѣ уже заложенъ весь будущій организмъ. Только требуется еще объясненіе, которое позволило бы наглядно представить явленіе. Это такъ называемое эволюціонное воззрѣніе почти до половины 18 столѣтія принималось буквально, а не въ переносномъ лишь смыслѣ. Дѣйствительно, представляли себѣ, что въ яйцѣ или спермѣ всѣ части будущаго организма какъ бы уже предсуществуютъ въ миніатюрѣ. Каспаръ Фридрихъ Вольфъ (1735—1794) противопоставилъ этому теорію эпигенеза, по которой изъ безразличнаго матеріала яйца органы появляются только путемъ постепеннаго новообразованія. Хотя съ тѣхъ поръ исторія развитія, основанная Вольфомъ, сдѣлала неслыханные успѣхи и хотя мы въ состояніи представить очень многіе отдѣльные факты точнѣе, чѣмъ раньше, мы, однако, недостаточно освѣдомлены объ ихъ взаимной связи, чтобы объединить ихъ теоретически удовлетворительнымъ образомъ. Поэтому и понынѣ еще существуетъ рядъ представленій, изъ которыхъ одни примыкаютъ больше къ эволюціонному, другія къ эпигенетическому воззрѣнію, но которыя при ближайшемъ расчлененіи оказываются болѣе или менѣе удачно выбранными уподобленіями или простыми описаніями фактовъ. Разсмотрѣніе такихъ гипотезъ можетъ внести ясность въ воззрѣнія и тѣмъ способствовать успѣху науки. Въ изложеніи, ограничивающемся сообщеніемъ важнѣйшихъ результатовъ изслѣдованія, достаточно вкратцѣ указать на нихъ.

12. Теоріи наслѣдственности. Вопросъ, какимъ образомъ происходитъ передача наслѣдственныхъ признаковъ, принадлежитъ къ однимъ изъ самыхъ трудныхъ, задаваемыхъ жизненными явленіями. Желаніе ближе понять ихъ уже съ давнѣйшихъ временъ побуждало мыслителей строить гипотезы, которыя всегда отвѣчали основнымъ господствующимъ воззрѣніямъ своего времени. Такимъ образомъ понятно, что всѣ новыя гипотезы въ этой области представляютъ отраженіе тѣхъ воззрѣній, которыя пытаются всѣ явленія матеріальныхъ тѣлъ свести на молекулы и ихъ движенія (ср. гл. 4). Подобно тому, какъ представляютъ себѣ каждое тѣло составленнымъ изъ молекулъ, такъ всѣ, предложенныя въ новѣйшее время гипотезы на счетъ живой матеріи, считаютъ и ее составленной изъ мельчайшихъ частичекъ, самихъ по себѣ уже обладающихъ существенными жизненными свойствами. Для этихъ гипотетическихъ частичекъ были предложены различныя названія; основная же мысль во всѣхъ этихъ гипотезахъ одна и та же.

Конечно, должно представлять себѣ, что эти гипотетическія частички весьма отличны отъ физическихъ молекулъ. Во-первыхъ, онѣ должны быть, по своему строенію, много сложнѣе, и, во-вторыхъ, уже вслѣдствіе этого болѣе сложнаго строенія, должны быть больше. Онѣ, такъ сказать, молекулы высшаго порядка; каждая изъ нихъ состоитъ изъ большого числа физическихъ молекулъ съ различными химическими свойствами, такъ что въ нихъ могутъ совершаться и всякаго рода химическіе процессы *). Несмотря на ихъ

*) Среди тѣхъ, которые разработали подобныя гипотезы болѣе или менѣе полно, болѣе

относительно большую величину, органическія молекулы остаются за предѣлами микроскопическаго изслѣдованія. Поэтому ихъ не слѣдуетъ также смѣшивать съ структурными элементами клѣтокъ, упомянутыми въ гл. 13 § 1; послѣдніе мы разсматриваемъ какъ органы клѣтокъ; скорѣе должно представить себѣ, что эти клѣточные органы сами уже составлены изъ тѣхъ гипотетическихъ частичекъ.

Физическимъ молекуламъ мы приписываемъ свойство тяжести, общее всѣмъ тѣламъ; но онѣ, кромѣ того, различны по своимъ химическимъ свойствамъ. Разсматриваемымъ здѣсь частичкамъ можно вслѣдствіе ихъ сложнаго состава приписать всякаго рода свойства. Такимъ образомъ приходятъ къ представленіямъ о возможности разнообразныхъ процессовъ въ различныхъ клѣткахъ и особенно, если принять въ зародышевыхъ клѣткахъ еще частички съ совершенно особенными свойствами, къ представленіямъ о возможности развитія и наслѣдственности. Такъ какъ частички составлены изъ многихъ молекулъ и поэтому дѣлимы, то можно также себѣ представить, что они переносятъ свои свойства и на возникающіе изъ нихъ продукты дѣленія.

На основаніи нашихъ основныхъ положеній, развитыхъ во 2 гл., мы должны допустить установку такихъ гипотезъ. Но мы обязаны испытать ихъ пригодность и допустимость. Въ этомъ отношеніи мы должны выставить двоякаго рода точки зрѣнія. Во-первыхъ, физическая молекулярная гипотеза позволяетъ, вслѣдствіе простоты лежащихъ въ основѣ ея предположеній, испытаніе всѣхъ выводимыхъ изъ нея заключеній путемъ сравненія ихъ съ отдѣльными фактами. Каждое такимъ образомъ установленное согласіе служитъ подкрѣпленію внутренней правильности гипотезы. При построенныхъ по ея образцу гипотезахъ о живыхъ частичкахъ такое испытаніе невозможно. При разнообразіи свойствъ, которыя необходимымъ образомъ приписываются предполагаемымъ частичкамъ, можно, конечно, вывести всякаго рода заключенія, извѣстнымъ образомъ стоящія въ согласіи съ фактами, но невозможно показать, что они слѣдуютъ изъ нихъ съ непзбѣжною необходимостью и что они противорѣчатъ всякой другой гипотезѣ. Гипотезы этого рода не совсѣмъ удовлетворяютъ тѣмъ требованіямъ, которыя мы выставили во второй главѣ. Онѣ должны быть разсматриваемы, какъ первыя попытки разобраться въ путаницѣ доселѣ извѣстныхъ фактовъ. Но этихъ фактовъ еще недостаточно для установки совершенно опредѣленной, по простотѣ и полной ясности заслуживающей общаго согласія гипотезы. Явленія, о выясненіи которыхъ идетъ рѣчь, слишкомъ сложны, чтобы мы могли хорошо схватить связь между ними. Должно предоставить дальнѣйшимъ изслѣдованіямъ настолько ихъ разъяснить, чтобы мы были въ состояніи представить себѣ болѣе прочно обоснованныя и менѣе неопредѣленныя гипотезы.

ДВАДЦАТЬ ПЕРВАЯ ГЛАВА.

Возникновеніе жизни.

1. Переходъ мертвой матеріи въ живую. Въ предыдущей главѣ мы видѣли, какъ живая матерія постоянно превращается въ мертвые продукты выдѣленія и какъ мертвая

точныя представленія объ органическихъ молекулахъ развилъ Негели; онъ полагалъ, что живая матерія построена изъ подобныхъ молекулъ, названныхъ имъ мицеллями. При этомъ онъ опирался на упомянутыя въ 7 гл. свойства коллоидныхъ тѣлъ. Къ нему примкнули другіе частью цѣликомъ, между тѣмъ какъ нѣкоторые авторы довольствуются принятіемъ такихъ частичекъ, не входя въ обсужденіе ихъ строенія.

матерія снова превращается въ живую. Послѣдній процессъ совершается только путемъ ассимиляціи; только живая матерія можетъ превращать мертвое въ живое. И вотъ возникаетъ вопросъ, какъ впервые возникло то, что мы называемъ жизнью.

Хотя палеонтологическія находки и указываютъ на то, что живыя существа были на землѣ уже съ незапамятныхъ временъ, однако все-таки должно было быть время, когда жизнь въ томъ видѣ, какъ теперь, была невозможна. Уже высокая температура, бывшая на землѣ раньше (ср. гл. 17, § 15), приводитъ къ такому заключенію, такъ какъ при температурѣ выше 50°—60° невозможно существованіе ни одного извѣстнаго намъ живого существа. Однако, достаточно было бы предположить, что нѣкогда, когда отъ пониженія температуры водяной паръ сгустился въ воду и атмосфера приняла состояніе, подобное теперешнему, какимъ-нибудь образомъ возникло или попало откуда-нибудь на землю одно единственное простѣйшее живое существо, чтобы представить себѣ, что изъ него путемъ размноженія и дифференцированія произошли и всѣ позднѣйшія живыя существа.

Предположеніе неземного источника жизни на землѣ не противорѣчитъ здравому смыслу. Намъ неизвѣстно, существуютъ ли живыя существа на какомъ-нибудь изъ безчисленныхъ міровыхъ тѣлъ, кромѣ земли, движущихся въ міровомъ пространствѣ. Мы можемъ утверждать, что міровыя тѣла, обладающія совсѣмъ другими условіями, чѣмъ наша земля, не могутъ пріютить ни одного изъ извѣстныхъ намъ живыхъ существъ. Безцѣльно строить предположенія, что есть живыя существа, не нуждающіяся въ кислородѣ, въ водѣ и переносящія температуру гораздо ниже нуля и отсутствіе многаго другого, что является для нашей жизни необходимыми условіями. Мы не можемъ думать ничего опредѣленнаго о такихъ совершенно иначе устроенныхъ существахъ; поэтому отношеніе къ этому вопросу будетъ всегда дѣломъ субъективнаго пониманія.

Если же, какъ это весьма вѣроятно, нѣкоторыя міровыя тѣла находятся или раньше находились въ подобномъ землѣ состояніи, то на нихъ могутъ или могли быть живыя существа въ родѣ тѣхъ, какія извѣстны намъ. А такъ какъ доказано, что на землю могутъ попадать такія міровыя тѣла, или ихъ части, то съ ними могли бы также попадать и живыя существа, или ихъ зародыши въ состояніи, способномъ жить и размножаться.

Но если мы даже признаемъ такую возможность, она, все-таки, насъ не удовлетворитъ. Если нашъ живой міръ происходитъ отъ этихъ пришлыхъ существъ, то является новый вопросъ, а откуда произошли они сами. Если они когда-нибудь произошли изъ неживой матеріи, то и на самой землѣ они могли образоваться при подобныхъ же условіяхъ. Тогда намъ нѣтъ надобности въ «метеорной гипотезѣ».

«Оживленіе» матеріи, происхожденіе живой изъ мертвой всегда совершается только внутри живого существа; оно всегда предполагаетъ уже наличность живыхъ существъ. Растеніе можетъ строить изъ углекислоты, воды и азотнокислыхъ солей живую протоплазму только въ своихъ живыхъ, содержащихъ хлорофиллъ клѣткахъ. Животное можетъ образовать живую протоплазму изъ протеиновыхъ веществъ, жира и углеводовъ, но лишь пока оно живо. Мертвое существо не ассимилируетъ. То, что живетъ, или произошло отъ живого существа, или представляетъ часть послѣдняго. Omne vivum e vivo *).

Убѣжденіе въ безусловной вѣрности этого положенія является, однако, результатомъ изслѣдованій лишь новаго времени. Аристотель еще предполагалъ, что змѣи, ящерицы и жабы могутъ происходить изъ влажной тины. Позднѣйшіе изслѣдователи думали, что слѣдуетъ принимать такой способъ происхожденія только для улитокъ, блохъ и т. п. Когда же и это оказалось заблужденіемъ, то разсматривали, какъ доказательство происхожденія живыхъ существъ изъ мертвой матеріи, многочисленное появленіе низшихъ организмовъ въ такъ называемыхъ настояхъ (infusum, отсюда и названіе инфузорій), и, наконецъ, ограничили возможность такого образованія низшими грибами, бактеріями и т. п.

---

*) Это выраженіе - подражаніе Гарвею, сказавшему «Omne vivum ex ovo». Въ такой формѣ оно касается только явленій размноженія, т.-е. происхожденія живыхъ индивидуумовъ отъ имъ подобныхъ. Оно имѣетъ безусловное значеніе только для высшихъ животныхъ, такъ какъ у низшихъ существуютъ и другіе виды размноженія (ср. гл. 20).

2. Самопроизвольное зарожденіе. Если налить воды на сѣно, мясо или подобныя органическія вещества и оставить стоять долгое время, то жидкость мутнѣетъ и затѣмъ загниваетъ. При микроскопическомъ изслѣдованіи находятъ въ водѣ многочисленные живые организмы, а именно бактерій, а также обыкновенно различныхъ инфузорій. Послѣднія появляются чаще, если настаивать съ водой илъ изъ лужъ, садовую землю или навозъ, остатокъ, собирающійся въ сточныхъ домовыхъ трубахъ и т. п. Такъ какъ бактеріи, инфузоріи и т. д., находимыя въ такихъ случаяхъ, раньше не существовали, то прежде и предполагали, что они образовались изъ разлагающихся органическихъ веществъ, мертвая ткань превратилась въ живую. Поэтому это мнимое образованіе живыхъ существъ и было названо самопроизвольное зарожденіе—Generatio spontanea или aequivoca, для чего въ послѣднее время было предложено названіе абіогенезъ и архигонія.

Въ настоящее время нетрудно доказать ошибочность этого взгляда. Мы знаемъ теперь, что нѣкоторые изъ найденныхъ организмовъ или ихъ зародыши или были уже раньше въ водѣ и въ взятыхъ органическихъ веществахъ или попали туда изъ воздуха. При микроскопическомъ, даже очень тщательномъ изслѣдованіи очень легко можно не замѣтить такіе отдѣльные организмы или еще легче ихъ зародыши, по большей части крайне малые. Когда же они сильно размножились, что происходитъ тѣмъ скорѣе, чѣмъ больше пищевого матеріала и благопріятнѣе другія условія, особенно подходящая температура, то въ каждой каплѣ жидкости ихъ будетъ такъ много, что ихъ уже нельзя не замѣтить, да и ихъ дѣйствіе, обнаруживающееся въ видѣ гніенія и другихъ процессовъ превращенія, легко могутъ быть обнаружены. Что это именно такъ, доказали многіе изслѣдователи, среди которыхъ я назову только Пастера и Гельмгольца, своими тщательными и вполнѣ убѣдительными опытами. Для совершеннаго исключенія возможности развитія организмовъ въ настояхъ или жидкостяхъ, содержащихъ необходимый питательный матеріалъ, требуется тщательное и точное соблюденіе двухъ условій: сосуды и матеріалъ, употребляемые для опыта, должны быть совершенно свободны отъ всякихъ живыхъ организмовъ или ихъ зародышей, и необходимо сдѣлать невозможнымъ поступленіе ихъ туда и впослѣдствіи.

Оба эти условія не легко выполнить. Этимъ и объясняется, почему все еще отъ времени до времени отдѣльные изслѣдователи думаютъ, что ихъ опыты доказываютъ «безъ сомнѣнія» самопроизвольное зарожденіе. Противъ всего этого можно еще разъ повторить, что во всѣхъ тщательно и добросовѣстно произведенныхъ опытахъ при вышеупомянутыхъ условіяхъ никогда не образовывались живыя существа.

Для освобожденія употребляемыхъ сосудовъ и матеріала отъ живыхъ организмовъ или ихъ зародышей необходимо нагрѣваніе ихъ до такой температуры, при которой жизнь дѣлается невозможною. Жидкости для этой цѣли тщательно стерилизуются, т.-е. освобождаются отъ живыхъ организмовъ продолжительнымъ нагрѣваніемъ до температуры кипѣнія. Если же нагрѣваніе до температуры кипѣнія невозможно, вслѣдствіе измѣняемости употребляемыхъ веществъ, то достаточно и нагрѣванія до 60°, но оно должно дѣйствовать болѣе долгое время и быть повторено нѣсколько разъ. Къ сухимъ предметамъ, въ родѣ стакановъ и т. п., пристаютъ очень часто покоющіяся споры, очень стойкія по отношенію къ нагрѣванію: онѣ при доступѣ влаги снова развиваются въ живые организмы; поэтому для надежной стерилизаціи требуется продолжительное нагрѣваніе, по крайней мѣрѣ, до 150°.

Такія покоющіяся споры, какъ и инкапсулированныя простѣйшія могутъ въ сухомъ состояніи долгое время сохранить жизнеспособность, даже при неблагопріятныхъ условіяхъ (ср. гл. 12 § 9 и гл. 20 § 5). При очень незначительномъ вѣсѣ этихъ крошечныхъ образованій они легко разносятся вѣтромъ и разсѣваются повсюду. Мелкія частички, носящіяся въ воздухѣ и видимыя вслѣдствіе отраженія свѣта отъ ихъ поверхности въ видѣ такъ называемыхъ «пылинокъ», состоятъ кромѣ неорганическихъ частей отчасти также изъ подобныхъ жизнеспособныхъ образованій. Тамъ, гдѣ воздухъ малоподвиженъ, онѣ медленно опускаются на землю. Это относится въ особенности къ слоямъ воздуха, находящимся въ открытыхъ сосудахъ. Такой сосудъ представляетъ изъ себя, такъ сказать, родъ западни, куда [illegible] мало-по-малу, опускаясь

внизъ, большое количество носящихся въ воздухѣ пылинокъ. Если среди послѣднихъ находилось хоть и немного живыхъ организмовъ или ихъ зародышей, а сосуды содержатъ подходящіе питательные растворы, то этого вполнѣ достаточно, чтобы эти немногіе организмы размножились, изъ ихъ зародышей развились новые организмы и начали въ свою очередь размножаться, короче говоря, черезъ нѣкоторое время вся жидкость кишитъ всевозможными существами, даже если вначалѣ и сосудъ и жидкость были отъ нихъ совершенно свободны.

Чтобы предохранить жидкость въ сосудѣ отъ проникнанія въ нее извнѣ первыхъ зародышей, необходимо защитить ее отъ внѣшняго воздуха. Нѣтъ надобности, чтобы крышка была непроницаема для воздуха. Вполнѣ достаточно плотной пробки изъ ваты. Хотя чрезъ нее и можетъ проходить воздухъ, но онъ фильтруется, и всѣ организмы и ихъ зародыши, даже самые маленькіе, остаются на наружной поверхности и въ самыхъ наружныхъ слояхъ ваты.

Положимъ, мы наполнили подходящій сосудъ (такъ называемую колбу, подобно употребляемымъ въ химическихъ лабораторіяхъ, т.-е. круглый сосудъ съ длиннымъ узкимъ горломъ) питательной жидкостью, простерилизовали тщательнымъ образомъ и закрыли сухой *), заранѣе простерилизованной пробкой изъ ваты. Во вторую колбу наливаемъ той же жидкости, стерилизуемъ такимъ же образомъ, но оставляемъ ее открытой. Третья колба съ жидкостью остается нестерилизованной, но закрывается пробкой. Всѣ три колбы оставляемъ стоять другъ около друга въ тепломъ мѣстѣ.

Чрезъ нѣкоторое время, иногда уже чрезъ 24 часа, жидкость въ колбѣ № 3 замѣтно мутнѣетъ; микроскопическое изслѣдованіе указываетъ на присутствіе тамъ всевозможныхъ микроорганизмовъ. Въ колбѣ № 2 присутствіе ихъ замѣчается гораздо позднѣе, чрезъ нѣсколько дней или недѣль. Вслѣдъ за появленіемъ первыхъ слѣдовъ этихъ организмовъ размноженіе ихъ быстро усиливается и если въ питательной средѣ находились легко разлагающіяся вещества, въ родѣ бѣлка и т. п., то дѣлается замѣтнымъ ихъ разложеніе.

Колба же № 1 остается безъ измѣненія, и нельзя доказать въ ней даже слѣдовъ микроорганизмовъ. Если эта колба хорошо закрыта, мы можемъ сохранять ее годы, и тамъ ничего не разовьется.

Изъ этого опыта видно, какъ мы уже выше указывали, что для развитія организмовъ въ сосудахъ надо, чтобы организмы или ихъ зародыши находились тамъ уже раньше или попали туда извнѣ. И какъ бы не измѣняли условія опыта, всегда оказывается, что тамъ, гдѣ не было живой матеріи, не образуется и новой.

3. Возникновеніе жизни неизвѣстно. Мы, слѣдовательно, можемъ съ увѣренностью утверждать, что еще никому не удалось доказать самозарожденія, образованія живой матеріи изъ неживой. Можемъ ли мы сказать на основаніи этого, что самозарожденіе невозможно?

Говоря откровенно, нѣтъ. Все, что мы можемъ утверждать, это то, что при тѣхъ условіяхъ, которыя удалось создать до сихъ поръ опытнымъ путемъ, этого образованія не происходитъ. Изслѣдователи же, думавшіе, что они нашли противоположное, были вводимы въ обманъ тѣмъ, что не выполняли строго всѣхъ условій, необходимыхъ для умерщвленія уже существовавшихъ зародышей или для предохраненія отъ проникновенія новыхъ извнѣ **). Теперь, благодаря успѣхамъ техники въ постановкѣ опытовъ, легко доказать, что при строгомъ выполненіи всѣхъ необходимыхъ предосторожностей самозарожденія не происходитъ. Но если мы пришли къ убѣжденію, что было время, когда на землѣ не могли существовать живые организмы такого рода, какіе мы знаемъ теперь, то мы должны согла-

*) Если пробка не сухая, то микроорганизмы могутъ поселиться на ея внѣшней сторонѣ, прорасти внутрь и попасть такимъ образомъ въ сосудъ.

**) Въ пониманіи этихъ условій заключается тотъ большой успѣхъ, котораго достигли въ послѣднее время точныя изслѣдованія низшихъ организмовъ, въ особенности бактерій. Выше указана важность этого успѣха для распознаванія и предохраненія отъ болѣзней, а также и для техническихъ цѣлей (консервированіе пищевыхъ продуктовъ, броженія; сравн. гл. 17, § 7).

ситься и съ тѣмъ, что между этимъ временемъ, и тѣмъ, когда возникли первыя подобныя теперешнимъ живыя существа, земля прошла рядъ промежуточныхъ состояній, и мы не знаемъ, не были ли тогда совсѣмъ другія условія, чѣмъ тѣ, которыя мы воспроизводимъ при нашихъ опытахъ.

Быть-можетъ, живые организмы возникли совсѣмъ другимъ образомъ и изъ другого матеріала, чѣмъ тотъ, который мы употребляемъ при нашихъ опытахъ. Для этого требовались, быть-можетъ, столѣтія или тысячелѣтія. Возможно, что образованіе было постепенное; не прямо изъ элементовъ C, H, O, N, S и P получались готовыя молекулы живого бѣлка, жира, углеводовъ, и изъ этихъ сразу образовывались грибъ или амеба, а происходило образованіе, можетъ-быть, какихъ-нибудь химическихъ соединеній, намъ неизвѣстныхъ, при данныхъ условіяхъ не могущихъ существовать, и изъ нихъ какія-нибудь также неизвѣстныя намъ ступени развитія теперь существующихъ организмовъ. Можетъ-быть, для этого требуется другая температура, другое содержаніе кислорода или углекислоты, иное давленіе, а не тѣ, которыя мы употребляемъ, или какія мы можемъ употребить при нашихъ опытахъ.

Излишне перечислять всевозможныя «можетъ-быть». Вопросы, которыхъ мы не можемъ разрѣшить находящимися въ нашемъ распоряженіи средствами, мы должны оставить открытыми. Мы должны лишь удовольствоваться признаніемъ того, что мы ничего не знаемъ о возникновеніи живыхъ существъ вообще и въ особенности на нашей землѣ и должны предоставить будущему рѣшить, заполнится ли этотъ пробѣлъ нашихъ знаній прінсканіемъ новыхъ фактовъ.

4. Измѣнчивость живыхъ существъ. Палеонтологія показываетъ, что многочисленные виды и даже цѣлыя большія группы животныхъ, жившихъ въ большомъ числѣ въ прежнія времена, или совсѣмъ вымерли теперь или сократились до очень небольшого числа индивидуумовъ. Другія же, живущія теперь лишь въ очень ограниченныхъ областяхъ, раньше населяли гораздо большее пространство, такъ какъ найдены многочисленные остатки ихъ въ странахъ, гдѣ ихъ нѣтъ теперь. Намъ даже нѣтъ надобности обращаться за примѣрами къ отдаленнымъ геологическимъ періодамъ. Нѣкоторыя животныя и растенія вымерли или стали рѣдкостью въ историческую эпоху, даже въ послѣднее столѣтіе, а ихъ оставшіеся представители уцѣлѣли, лишь благодаря искусственной охранѣ. Такъ, бобръ (Castor fiber), распространенный раньше по всей Германіи, встрѣчается теперь только въ Эльбѣ между Магдебургомъ и Виттенбергомъ. Бизонъ Сѣверной Америки (Bison americanus) вымираетъ также, и, чтобы сохранить его, его держатъ въ Іеллостонскомъ національномъ паркѣ. Арктическая плавающая птица Alca impennis, встрѣчавшаяся еще въ началѣ 19 столѣтія въ Исландіи, совершенно исчезла. Въ этихъ случаяхъ исчезновенія виноватъ человѣкъ, убивавшій массами этихъ животныхъ. Весьма значительныя измѣненія климатическихъ условій являлись главной причиной исчезновенія старыхъ формъ. Многія растенія и животныя, которыя сами или родственныя имъ формы живутъ теперь только въ тропическихъ странахъ, найдены въ отложеніяхъ умѣреннаго климата, точно также животныя арктическихъ странъ въ мѣстахъ съ теплымъ теперь климатомъ.

Съ другой стороны мы видимъ въ слѣдующихъ другъ за другомъ періодахъ появленіе все новыхъ и новыхъ формъ живыхъ существъ, не существовавшихъ въ предшествовавшемъ, о чемъ мы можемъ судить по геологическимъ отложеніямъ.

Конечно, многія формы, состоявшія изъ мягкихъ частей, совершенно пропали, не оставивъ слѣда для нашего времени. Кромѣ того, мы не знаемъ и всѣхъ скрытыхъ отъ насъ въ нѣдрахъ земли жившихъ раньше существъ, такъ какъ лишь сравнительно небольшая часть земной поверхности изслѣдована геологически, значительная же часть даже и не можетъ быть теперь изслѣдована, такъ какъ она покрыта моремъ. Но все-таки невѣроятно, чтобы при всякомъ измѣненіи условій на земной поверхности сохранились остатки тѣхъ формъ, которыя въ послѣдующихъ періодахъ не существовали уже болѣе, а исче-

зали безъ слѣда тѣ, которыя продолжали жить и дальше. Если бы это было такъ, то древнѣйшія времена должны были быть всего богаче всевозможными формами, а нашъ теперешній живой міръ состоялъ бы лишь изъ остатковъ первоначальныхъ видовъ, изъ которыхъ вымирало бы все большее и большее число членовъ. Это, однако, мало вѣроятно.

5. Систематическое раздѣленіе. Для дальнѣйшаго обсужденія этого вопроса мы должны рѣшить сначала, какъ различать отдѣльныя сохранившіяся до нашего времени и существующія теперь формы, другими словами, руководствуясь какими законами, должно быть произведено раздѣленіе живыхъ существъ, распредѣленіе ихъ по группамъ.

Наблюденіе учитъ насъ различать только особи, индивидуумы, изъ которыхъ ни одинъ не похожъ вполнѣ на другого. Дѣти одной и той же семьи, щенки одной и той же собаки, даже того самаго помета, цвѣты, выросшіе изъ одного посѣва, всѣ они имѣютъ небольшія отличія. И это относится не только къ внѣшнимъ признакамъ, въ родѣ цвѣта волосъ и т. п., но и внутренніе органы обнаруживаютъ незначительныя различія; и эти послѣднія оказались бы, вѣроятно, еще бо́льшими, если бъ мы могли точно изслѣдовать всю организацію каждаго отдѣльнаго индивидуума со всѣми микроскопическими, химическими и всякими другими частностями.

Однако, это не исключаетъ, что многіе изъ этихъ индивидуумовъ обнаруживаютъ между собой много сходства, и поэтому ихъ можно соединить въ одну группу, и что они отличаются отъ другихъ, подобнымъ же образомъ соединенныхъ въ группы, существенными признаками. Этому учитъ насъ ежедневный опытъ, и уже съ незапамятныхъ временъ люди дѣлятъ всѣ объекты природы, въ особенности же живыя существа, на подобныя группы.

Каждое такое раздѣленіе возможно только потому, что при отнесеніи извѣстнаго числа индивидуумовъ къ одной опредѣленной группѣ мы не принимаемъ во вниманіе небольшихъ отличій индивидуумовъ между собою, считая ихъ несущественными или безразличными. Если мы всѣ гвоздики, или всѣхъ собакъ, или всѣхъ людей относимъ къ одной, опредѣленной систематической единицѣ, то мы при этомъ сознательно отвлекаемся отъ различій въ окраскѣ, величинѣ и формѣ отдѣльныхъ частей. Мы признаемъ всѣ эти отличія несущественными по сравненію съ общими имъ всѣмъ признаками, перечисленіе которыхъ составляетъ описаніе, или, какъ гласитъ техническое выраженіе, діагнозъ группы.

Для научнаго систематическаго подраздѣленія всѣ извѣстныя живыя существа подраздѣляются на извѣстное число видовъ, изъ которыхъ въ свою очередь составляются бо́льшія группы—роды.

Обозначеніемъ рода и вида положеніе живого существа въ систематическомъ отношеніи вполнѣ опредѣляется; этому также соотвѣтствуетъ и научное названіе, состоящее изъ двухъ словъ: названія вида и рода: Canis vulpes (лисица), Canis familiaris (собака), Quercus pedunculata и Quercus sessiliflora—два разные вида дуба *).

Со временъ Линнея (1735 г.), построившаго свою систему для всѣхъ ему извѣстныхъ животныхъ и растеній, всюду принятъ этотъ способъ распредѣленія и обозначенія. Каждый имѣвшій случай научно изучать живую природу, пользуется этой системой. Если животное ему неизвѣстно, то онъ прежде всего опредѣляетъ, тождественно ли оно съ какимъ-нибудь описаннымъ уже раньше, и тогда обозначаетъ его обоими принадлежащими ему названіями. Если же не удается установить этого, то пользуются или менѣе опредѣленнымъ обозначеніемъ или, если есть причина предполагать, что здѣсь дѣло идетъ о новой, т.-е. еще не описанной формѣ, то дается новое, на тѣхъ же основаніяхъ составленное изъ двухъ частей названіе **).

---

*) Такое двойное названіе употребляется и тогда, когда извѣстенъ только одинъ видъ, или когда допускается существованіе одного только вида изъ всего рода, напр., Homo sapiens (человѣкъ).

**) Для тѣхъ, кто не занимался систематикой данной группы, часто очень трудно сдѣлать точное опредѣленіе. При помощи различныхъ руководствъ удается часто установить родъ, но не видъ. Въ такихъ случаяхъ къ названію рода прибавляется слово spec. Напр. Melolontha spec. означаетъ, что это жукъ изъ рода Melolontha, но неизвѣстный видъ, т.-е. не обыкновенный майскій жукъ (Melolontha vulgaris).

Такъ какъ многіе роды обнаруживаютъ между собой большія сходства, которыми они отличаются отъ другихъ группъ родовъ, то изъ нихъ образуются большіе отдѣлы, означаемые, какъ семейства, порядки, классы, пока, наконецъ, не доходятъ до самаго общаго раздѣленія на два царства растеній и животныхъ, къ которымъ еще примыкаетъ третья неопредѣленная область протистовъ (ср. гл. 1, § 15).

6. Значеніе подраздѣленія. Разграниченіе видовъ другъ отъ друга представляетъ часто большія трудности. Чѣмъ больше изучаютъ индивидуумовъ одного вида, тѣмъ болѣе убѣждаются, что то, что считается однимъ видомъ, распадается еще на ясно различаемыя подгруппы. Тогда видъ дѣлится или на новые виды, или на подъ-виды, разновидности или расы. При этомъ не обходится, конечно, безъ нѣкотораго субъективнаго произвола. Такъ, нѣкоторые ботаники разсматриваютъ оба раньше упомянутые вида дуба, какъ разновидности одного и того же вида Quercus robur. То же самое происходитъ съ родами и высшими отдѣлами. Обыкновенный одуванчикъ былъ отнесенъ Линнеемъ къ роду Leontodon и названъ Leontodon taraxacum. Теперь считаютъ правильнѣе раздѣлить родъ Leontodon и прежнее названіе вида сдѣлали родовымъ названіемъ, такъ что въ настоящее время то же самое растеніе называется Taraxacum officinale.

При подобныхъ измѣненіяхъ названій, а также и при подраздѣленіи и приведеніи въ систему систематикъ руководствуется основаніями цѣлесообразности. Цѣль систематическаго раздѣленія чисто практическая, это облегченіе обзора, облегченіе запоминанія и узнаванія уже извѣстнаго. Однако къ этому примѣшиваются всегда и другія представленія. Отдѣльные индивидуумы, соединенные въ одну группу, называются родственными, и между ними устанавливаютъ различныя степени родства. Спрашивается, должно ли это обозначеніе считаться простыми сравненіями, или ему должно быть приписано какое-либо дѣйствительное значеніе?

Братьевъ и сестеръ, т.-е. потомство однихъ и тѣхъ же родителей, называемъ мы такъ же, какъ и родителей и дѣтей, родными. Дѣти двухъ братьевъ, т.-е. двоюродные братья и сестры, представляютъ родство второй степени; подобное же родство будетъ между дѣтьми какой-либо пары и братьями и сестрами родителей. Если мы посѣемъ желуди одного дуба и изъ нихъ получимъ дубовый лѣсокъ, то всѣ деревья этого лѣска мы можемъ назвать дѣтьми этого дуба и сестрами и братьями между собой. Если же мы отъ двухъ дубовъ этого поколѣнія посѣемъ желуди, то выросшіе изъ нихъ дубы будутъ въ двоюродномъ родствѣ между собой.

Только въ томъ случаѣ можно говорить о родствѣ въ собственномъ смыслѣ слова, когда точно установлено посредственное или непосредственное происхожденіе отъ одной пары родителей *), когда извѣстна такъ называемая родословная. Такъ называемая бѣлая акація (Robinia pseudacacia), лѣсное дерево Сѣверной Америки, была выращена изъ сѣмянъ въ первый разъ въ ботаническомъ саду въ Парижѣ Жаномъ Робиномъ въ 1601 году. И отъ этого-то перваго европейскаго экземпляра произошли, если не всѣ, то все же бо́льшая часть распространенной теперь по всей Европѣ акаціи. Въ 1614 г. завезено въ Европу сѣмя Erigeron canadense въ чучелѣ птицы; это растеніе встрѣчается теперь повсюду въ Европѣ и въ Азіатской Россіи какъ сорная трава. Также и Elodea canadensis, «водяная чума», американскаго происхожденія. Въ 1836 году она появилась впервые въ одномъ пруду въ Ирландіи, въ которомъ выращивались сѣверо-американскія водяныя растенія, среди нихъ случайно попала вѣточка Elodea. Она скоро заросла весь прудъ, такъ что должны были удалять ее оттуда цѣлыми массами. Въ 1841—1854 гг. она распространилась по всѣмъ водамъ Шотландіи и Англіи. Въ 1854 г. послали ее для изслѣдованія въ ботаническій садъ Шенеберга около Берлина; оттуда попала она въ Гавель, Шпрее, Эльбу, Одеръ и т. д. Теперь она принадлежитъ къ постояннымъ растеніямъ рѣкъ, прудовъ и озеръ средней Европы, но съ 1872 года, она, повидимому, не распространилась дальше. Подобное же замѣчается и относительно обратнаго переселенія организмовъ изъ Европы въ Америку. Всѣ дикіе быки Аргентины потомки небольшого стада изъ семи коровъ и одного быка, привезенныхъ въ 1556 году изъ Испаніи и убѣжавшихъ

*) Пригодность этого положенія для тѣхъ случаевъ, когда произведеніе потомства не требуетъ соединенія двухъ индивидуумовъ различнаго пола, понятна сама собой. Въ такихъ случаяхъ навѣрное родственны между собой всѣ индивидуумы, происшедшіе дѣленіемъ или почкованіемъ одного индивидуума.

въ лѣсъ. Козы острова Жуанъ-Фернандецъ у восточнаго берега Чили происходятъ отъ одной пары, попавшей туда въ 1704 г. съ шотландскимъ матросомъ Александромъ Зелькиркъ, прототипомъ Робинзона Крузе Даніэля Дефоэ.

Въ противоположность этимъ и другимъ подобнымъ исторіямъ происхожденія отдѣльныхъ видовъ растеній и животныхъ, до извѣстной степени могущимъ быть доказанными, происхожденіе большинства неизвѣстно. Да и въ приведенныхъ примѣрахъ говорится хотя и о большомъ, но все же ограниченномъ числѣ индивидуумовъ. Что мы хотѣли бъ знать, это то, въ родствѣ ли и всѣ козы вообще на землѣ, также какъ и козы острова Жуана Фернандеца т.-е. происходятъ ли и онѣ отъ одной первоначальной пары.

Основанія для установленія видовъ, родовъ и т. д. чисто морфологическія: сходство внѣшнихъ и внутреннихъ формъ, сходство организаціи. Мы знаемъ, что эти формы и организація передаются до извѣстной степени потомству. Съ другой стороны сходство родителей и потомковъ не безусловное или, лучше, это хотя и сходство, но не тожество. Ни одинъ потомокъ не повторяетъ въ точности формъ своего предшественника, всегда существуютъ небольшія отклоненія.

7. Измѣнчивость. Чтобы избѣжать трудностей при установкѣ понятія о видѣ, было принято, что могутъ колебаться только несущественные признаки, напротивъ, главные, составляющіе характеръ вида, наслѣдуются потомствомъ безъ измѣненія. При этомъ поступаютъ однако крайне произвольно. Утверждаютъ, что виды размножаются безъ измѣненія всѣхъ существенныхъ признаковъ. И если замѣчается у потомковъ въ чемъ-нибудь отклоненіе, то говорятъ, это былъ не существенный признакъ, т.-е. не представляющій видового характера.

Факты, на которыхъ основаны наши свѣдѣнія о появленіи видоизмѣненій и объ укрѣпленіи этихъ отклоненій передачей ихъ потомству, были главнымъ образомъ получены при опытахъ разведенія домашнихъ животныхъ и культурныхъ растеній. Если садовникъ замѣчаетъ на своихъ гвоздикахъ какое-нибудь измѣненіе въ окраскѣ цвѣтка, онъ можетъ увеличить число растеній, обнаружившихъ этотъ характеръ, посѣявъ сѣмена такихъ растеній на отдѣльныхъ грядахъ, гдѣ не можетъ произойти оплодотвореніе ихъ пыльцей другихъ растеній. Чрезъ нѣкоторое время онъ можетъ, путемъ пересѣва, получить растенія, которыя почти всѣ будутъ съ новой окраской и будутъ передавать свои особенности по наслѣдству потомкамъ. Подобнымъ же образомъ произошли различныя породы или разновидности домашнихъ животныхъ, при искусственномъ ихъ подборѣ. Если выбирать животныхъ съ выдающимися особенностями, красивымъ опереніемъ, стройнымъ тѣломъ, большой мускульной силой или скоростью бѣга, то удастся усилить до извѣстной степени эти свойства и такъ укрѣпить ихъ, что они передаются потомству. Конечно, для этого требуется продолжительное время, большое терпѣніе и извѣстное искусство.

Мы видимъ, слѣдовательно, какъ неудовлетворительны попытки поставить точныя границы понятію о видѣ, сдѣланныя въ предыдущемъ параграфѣ. Съ одной стороны, мы не можемъ доказать, что всѣ теперь живущія существа, относимыя къ одному виду, дѣйствительно, одного и того же происхожденія. Съ другой стороны мы видимъ, что животныя, общее происхожденіе которыхъ несомнѣнно, могутъ, при извѣстныхъ обстоятельствахъ, сдѣлаться настолько различными, что нельзя даже сказать, можно ли ихъ еще отнести къ одному и тому же виду.

Настаивая при опредѣленіи понятія о видѣ на общемъ происхожденіи, вводятъ на мѣсто чисто морфологической точки зрѣнія новый физіологическій моментъ — происхожденіе. Этотъ моментъ выступаетъ еще болѣе при другомъ предложеніи, сдѣланномъ для болѣе точнаго опредѣленія понятія о видѣ. Найдено, что иногда не только индивидуумы одного и того же вида, но и двухъ близко стоящихъ видовъ могутъ дать другъ съ другомъ потомство. Эти, такъ называемые, ублюдки или помѣси *) со смѣшанными свойствами обоихъ видовыхъ характе-

*) Наиболѣе извѣстны помѣси между лошадью и осломъ, мулъ (потомокъ осла и кобылы) и лошакъ (потомокъ жеребца и ослицы). Помѣси встрѣчаются и у живущихъ на свободѣ животныхъ и еще болѣе у растеній.

ровъ, по большей части, безплодны. Поэтому тѣ животныя, которыя даютъ другъ съ другомъ потомство, способное къ размноженію, считаются одного вида, не дающія такого потомства принадлежатъ къ разнымъ видамъ. Это тоже оказалось недостаточнымъ, такъ какъ наблюдались случаи, когда потомки завѣдомо разныхъ видовъ, какъ у животныхъ, такъ и у растеній, давали въ свою очередь потомство. Если въ данномъ случаѣ заботятся, чтобы помѣси оплодотворялись только между собою, то въ первой генераціи у растеній является много не прорастающихъ сѣмянъ. Въ каждой послѣдующей генераціи уже появляется все большій процентъ способныхъ къ прорастанію. Это оказывается даже повидимому наиболѣе благопріятнымъ путемъ полученія въ сравнительно короткое время новыхъ видовъ.

Поэтому во всякомъ случаѣ правильнѣе при раздѣленіи животныхъ на виды, необходимомъ для научныхъ цѣлей, отказаться совершенно отъ физіологической точки зрѣнія, а слѣдовать исключительно морфологической. Формы, отличающіяся другъ отъ друга опредѣленными признаками и между которыми не доказано существованія постепенныхъ переходныхъ стадій, можно считать принадлежащими къ разнымъ видамъ; тамъ же, гдѣ отклоненія незначительны и существуютъ промежуточныя ступени, говорятъ о разновидностяхъ, расахъ, породахъ въ предѣлахъ одного и того же вида.

Нельзя отрицать, что эти различія часто представляютъ затрудненія, и не удивительно, что въ одномъ и томъ же случаѣ различные систематики приходятъ къ различнымъ результатамъ.

8. Происхожденіе новыхъ видовъ. Отклоненія, обыкновенно наблюдаемыя у животныхъ одинаковаго происхожденія, по большей части, очень незначительны, въ родѣ тѣхъ, которыя мы видимъ между родителями и дѣтьми, или братьями и сестрами. Въ отдѣльныхъ же случаяхъ они, напротивъ, такъ велики, что каждый систематикъ долженъ разсматривать такихъ индивидуумовъ принадлежащими къ другому виду. Поводъ, вызывающій такія уклоненія, почти всегда остается неизвѣстнымъ. Болѣе частыми причинами могутъ быть измѣненія внѣшнихъ условій жизни, образованіе ублюдковъ и такъ называемое возвращеніе къ предкамъ или атавизмъ. Такъ какъ нельзя было предвидѣть появленія измѣненій, то рѣдко удается уже позднѣе опредѣлить условія, которыя могли имѣть вліяніе на ихъ происхожденіе. Напр., ежегодно появляются въ продажѣ новые сорта садовыхъ растеній, но садовники не знаютъ, какъ они произошли. Такія уклоненія называютъ самопроизвольными, т.-е. это значитъ, что не даютъ себѣ труда прослѣдить способъ и родъ ихъ происхожденія.

Нѣтъ сомнѣнія, что измѣненія внѣшнихъ условій жизни могутъ вызывать измѣненія и въ организмахъ *). Но они незначительны и легко исчезаютъ снова. Примѣрами могутъ служить дикія растенія, пересаженныя въ сады, горныя, перенесенныя въ долины, и растенія, взятыя изъ другого климата. То же самое происходитъ и у животныхъ. Заботливый уходъ и воспитаніе могутъ поддержать или даже усилить такія измѣненія; безъ нихъ же они легко опять исчезаютъ. Возможно, что при дѣйствіи, въ теченіе долгаго времени, одинаковыхъ условій измѣненія становятся глубже и, благодаря повторной наслѣдственности, дѣлаются, наконецъ, вполнѣ прочными характерными признаками вида, но это предположеніе не легко провѣрить опытомъ **).

Образованіе помѣсей, вѣроятно, является одной изъ наиболѣе дѣйствительныхъ при-

---

*) Тѣмъ легче произвести измѣненія подъ вліяніемъ внѣшнихъ условій, чѣмъ раньше дѣйствовать на развивающійся организмъ. Очень поучительнымъ примѣромъ этого является такъ называемый диморфизмъ сообразно временамъ года у нѣкоторыхъ бабочекъ. Бабочки, вышедшія изъ перезимовавшихъ куколокъ, имѣютъ совсѣмъ другой видъ, чѣмъ развившіеся лѣтомъ ихъ потомки. Если же держать куколки на льду или въ термостатѣ, т.-е. или при очень низкой или при соотвѣтственно высокой температурѣ, то можно произвольно получать весеннія и лѣтнія формы.

**) Соотвѣтственно этому мы можемъ предположить, что если живыя существа находятся продолжительное время при одинаковыхъ внѣшнихъ условіяхъ, то они очень мало или совсѣмъ не измѣняются. Такимъ образомъ можно объяснить, напр., почему діатомовыя водоросли, находимыя въ каменномъ углѣ, почти сходны съ еще живущими теперь въ моряхъ.

чинъ измѣненій. У растеній оно происходитъ очень часто, такъ какъ ихъ цвѣточную пыль разносятъ всюду вѣтеръ, насѣкомыя и т. п. То же самое, можетъ-быть, лишь не въ такой степени, бываетъ и у животныхъ, какъ въ естественномъ ихъ состояніи, такъ и у домашнихъ. Наши положительныя свѣдѣнія о послѣдствіяхъ скрещиванія породъ основываются преимущественно на опытахъ съ этими послѣдними. Возможность оплодотворенія между различными видами млекопитающихъ, птицъ, амфибій, рыбъ, насѣкомыхъ, иглокожихъ точно установлена. У животныхъ, оплодотвореніе которыхъ связано съ актомъ совокупленія, полученіе помѣсей представляетъ часто трудности, которыхъ нѣтъ, если оплодотвореніе яицъ происходитъ внѣ организма матери. Его возможно тогда произвести искусственно, и уже въ нѣкоторыхъ случаяхъ опыты оказались удачными. Впрочемъ, до сихъ поръ ихъ еще не такъ много, чтобы вывести изъ нихъ окончательное заключеніе.

Подъ атавизмомъ подразумѣваютъ явленіе возвращенія характерныхъ чертъ дальнѣйшихъ предковъ, которыя у непосредственныхъ предшественниковъ почему-либо сильно ослаблены или совсѣмъ отсутствуютъ. Извѣстно, что иногда дѣти гораздо болѣе похожи на дѣда или бабку, чѣмъ на мать или отца. Выдающіяся особенности передаются по наслѣдству въ такихъ случаяхъ часто чрезъ одно или два поколѣнія. Такъ что если вдругъ появляется особенное уклоненіе отъ характера вида, то весьма возможно, что оно передалось отъ одного изъ дальнихъ предковъ.

Мы знаемъ такимъ образомъ много условій, благодаря которымъ появляются бо́льшія или меньшія различія между потомками одного и того же индивидуума; вопросъ только въ томъ, будутъ ли эти различія настолько велики, чтобы признать ихъ за *видовыя отличія*, и могутъ ли они подъ вліяніемъ чего-либо настолько укрѣпиться, чтобы передаваться потомству и повести такимъ образомъ *къ возникновенію новаго вида*.

Всегда существующія незначительныя различія между отдѣльными особями одной группы связаны между собой постепенными переходами. Тамъ, гдѣ ихъ можно измѣрить, обнаруживается, въ случаѣ, если число взятыхъ для изслѣдованія индивидуумовъ очень велико, извѣстная правильность въ отношеніи между величиной отклоненія отъ средней нормы и числомъ индивидуумовъ, у которыхъ найдена эта степень отклоненія. Для объясненія этого на возможно простомъ примѣрѣ предположимъ, что мы должны измѣрить длину тѣла взрослыхъ индивидуумовъ извѣстнаго населенія, напр. мужского населенія Германіи. Изъ очень большого числа отдѣльныхъ измѣреній мы вычисляемъ ариѳметическое среднее и можемъ по правиламъ исчисленія вѣроятностей показать, насколько такимъ образомъ вычисленная величина можетъ уклоняться отъ *дѣйствительной средней величины* (ср. гл. 3 § 7). Дѣйствительныя величины въ нѣкоторой части отклоняются очень значительно отъ этой средней. Мы сосчитываемъ число лицъ, которыя на 1, 2, 3 и т. д. сант. больше или меньше средней величины. Тогда оказывается, что число лицъ, мало отклоняющихся отъ средней величины, очень велико. Затѣмъ слѣдуютъ тѣ, которыя больше или меньше на 1 сант., потомъ тѣ, которыя на 2 сант. и т. д., и каждый разъ число ихъ уменьшается, пока не дойдетъ до очень небольшой группы лицъ, которыя значительно больше или меньше средней величины.

Такая же правильность наблюдается во всѣхъ видахъ измѣненій, связанныхъ между собой переходными ступенями, предполагая конечно, что изслѣдуется достаточно большое число особей. Если такая законность отсутствуетъ, то это можетъ часто зависѣть оттого, что при подсчетѣ взяты индивидуумы, не принадлежащіе въ отношеніи измѣряемаго признака къ одной и той же группѣ. Положимъ, что подобное же изслѣдованіе будетъ сдѣлано и надъ взрослыми лицами женскаго пола. Законность проявляется въ томъ же видѣ, лишь средній ростъ, а также меньшій и большій будутъ меньше, чѣмъ у мужчинъ. Но если оба ряда цифръ соединить вмѣстѣ, то окажется, что существуютъ двѣ другъ отъ друга различныя величины, число индивидуумовъ которыхъ больше, чѣмъ у ближайшихъ къ нимъ *).

*) Чтобы сравнивать между собой результаты вычисленій, ихъ перечисляютъ на проценты для всего взятаго числа индивидуумовъ Данныя эти для наглядности изображаютъ также въ видѣ кривыхъ. Въ послѣднемъ случаѣ кривыя покажутъ два максимума. Подробности см. въ добавленіи.

Отклоненія отъ этого простого закона указываютъ намъ сейчасъ же на вліяніе особыхъ обстоятельствъ на получаемые результаты. Какъ въ приведенномъ примѣрѣ различные полы образуютъ двѣ отдѣльныя группы, совершенно различныя по отношенію къ величинѣ тѣла, такъ въ другихъ случаяхъ мы убѣждаемся, что уже существуютъ или возникаютъ расовыя различія. Статистическія изслѣдованія такого рода, производящіяся въ значительномъ количествѣ въ послѣднее время, уже дали интересные результаты, и если они будутъ еще многочисленнѣе, то поведутъ навѣрно къ еще болѣе цѣннымъ выводамъ.

Было уже упомянуто, что тщательнымъ уходомъ можно довести нѣкоторыя уклоненія описаннаго вида до извѣстной стойкости, но что при предоставленіи индивидуумовъ самимъ себѣ эти уклоненія легко опять исчезаютъ. Напротивъ, болѣе значительныя измѣненія, которыя появляются время-отъ-времени, сразу передаются потомству. Спрашивается, возможно ли на основаніи этихъ наблюденій построить теорію, которая объясняла бы образованіе извѣстныхъ намъ видовъ изъ другихъ, путемъ ихъ превращенія. Если это такъ, то намъ надо далѣе опредѣлить, какими средствами пользуется природа для этого превращенія.

9. Отборъ. Предположеніе, что виды не абсолютно неизмѣняемы и что живущіе теперь произошли отъ другихъ посредствомъ постепенныхъ измѣненій, высказывалось въ разное время различными изслѣдователями. Особенно опредѣленно высказался за это французскій натуралистъ Ламаркъ въ своемъ произведеніи *Philosophie zoologique*, появившемся въ 1809 году. Къ нему присоединились изъ французскихъ ученыхъ Жоффруа Сентъ-Илеръ, изъ нѣмецкихъ Оксенъ и Гёте. Всеобщее же значеніе пріобрѣло это ученіе, благодаря работамъ Чарльза Дарвина, который въ рядѣ своихъ слѣдовавшихъ одно за другимъ сочиненій, съ 1859 по 1872 г., собралъ богатый матеріалъ фактовъ и наблюденій для точнаго доказательства этого ученія.

Сущность ученія Дарвина выражается въ слѣдующихъ положеніяхъ: измѣненія, которыя ясно выступаютъ, подъ вліяніемъ ухода, у животныхъ и растеній, доказываютъ, что характерныя черты вида не абсолютно неизмѣнны. Изъ этого мы должны заключить, что при размноженіи организмовъ имѣютъ значеніе два вліянія: во-первыхъ, наслѣдственность, способность родителей передавать свои свойства потомству, и, во-вторыхъ, измѣнчивость, благодаря которой каждый индивидуумъ отличается все-таки чѣмъ-нибудь отъ своихъ родителей.

Если скотоводъ или садовникъ подбираетъ такія особи, у которыхъ опредѣленныя отклоненія выражены наиболѣе сильно, и употребляетъ исключительно ихъ для полученія новаго поколѣнія, то онъ можетъ достичь того, что эти отклоненія въ послѣдующихъ генераціяхъ будутъ выступать все отчетливѣе. Средствомъ для усиленія постепенныхъ измѣненій служитъ слѣдов. цѣлесообразный подборъ индивидуумовъ съ ясно выраженными опредѣленными отклоненіями и употребленіе этихъ индивидуумовъ для дальнѣйшаго размноженія. Этотъ способъ Дарвинъ называетъ отборомъ.

Дарвинъ старается доказать, что нѣчто подобное происходитъ и безъ участія человѣка у животныхъ и растеній въ естественномъ состояніи. Всѣ живыя существа находятся въ зависимости съ одной стороны отъ ихъ организаціи и съ другой отъ окружающей ихъ среды. Только тогда, когда и то и другое подходятъ другъ къ другу, особи могутъ жить и давать потомство. Если даны во всемъ объемѣ всѣ условія для сохраненія жизни, тогда существуетъ и вѣроятность, что будутъ существовать въ большомъ количествѣ индивидуумы, имѣющіе одинаковыя свойства и дающіе потомство, подобное имъ въ главныхъ видовыхъ чертахъ.

Такое размноженіе не можетъ продолжаться до безконечности. Одно растеніе даетъ столько сѣмянъ, что ими можно засѣять большое поле; самка рыбы кладетъ сразу столько яицъ, что вышедшій изъ нихъ молодой выводокъ можетъ населить цѣлый прудъ. Если бы, въ дѣйствительности, всѣ сѣмена и яйца развивались, то на землѣ не хватило бы мѣста для всѣхъ индивидуумовъ. Но на самомъ дѣлѣ развивается всегда только очень небольшая часть; бо́льшая же гибнетъ въ ранней молодости, и только небольшой остатокъ настолько

долго остается въ живыхъ, что можетъ дать продолженіе своему виду, т.-е. произвести потомство, подобное ему въ существенныхъ чертахъ видового характера.

Одной изъ главныхъ причинъ, мѣшающихъ безграничному размноженію, является отсутствіе достаточной пищи. Всѣ особи одного и того же вида нуждаются въ одинаковой пищѣ. Каждому растенію необходима извѣстная почва, чтобы оно могло развиваться. Если на почву, которая хороша для одного вида растенія, посадить одно единственное зерно этого вида, то вначалѣ возможность размноженія неограничена, но это будетъ только до тѣхъ поръ, пока вся поверхность этой почвы не покроется растеніями этого вида. Представимъ себѣ на этомъ мѣстѣ пару животныхъ, питающихся этимъ растеніемъ; потомки ихъ будутъ такъ долго размножаться, пока находящагося здѣсь количества этого растенія будетъ достаточно для ихъ пропитанія. Если помѣстить сюда еще видъ хищнаго животнаго, пищей которому служатъ эти травоядныя, то всѣ эти три вида живыхъ существъ могутъ жить на данномъ мѣстѣ въ ограниченномъ числѣ рядомъ другъ съ другомъ, но ихъ дальнѣйшее размноженіе было бы невозможно.

Случай, предполагаемый здѣсь, въ дѣйствительности конечно никогда не существуетъ. Напротивъ того, повсюду растутъ одновременно различныя растенія, живетъ много разнаго вида травоядныхъ, а также многіе виды хищниковъ, питающихся этими травоядными. Благодаря этому, каждый изъ этихъ видовъ размножается только до извѣстнаго количества, пока хватаетъ нужной для его пропитанія пищи, и, наконецъ, должно установиться между отдѣльными видами растеній, травоядныхъ и хищныхъ животныхъ постоянное отношеніе, такъ что число индивидуумовъ каждаго колеблется въ очень тѣсныхъ границахъ.

Не одно только абсолютное количество пищи имѣетъ вліяніе на размноженіе индивидуумовъ одного и того же вида. Многія растенія, которыя могли бы служить пищей для животныхъ, уничтожаются въ меньшей степени, чѣмъ другія, потому что они защищены колючками или ядовиты. Животныя, служащія пищей для другихъ, избѣгаютъ участи быть съѣденными, если они имѣютъ средства защиты отъ враговъ, если они отпугиваютъ своего врага дурно пахнущими выдѣленіями, если они могутъ достаточно скоро бѣгать, или если они могутъ скрыться отъ преслѣдованія благодаря своей окраскѣ, подходящей къ окружающимъ ихъ предметамъ. Изъ хищныхъ пользуются преимуществами тѣ, которыя отличаются силой, быстротой, ловкостью, острымъ зрѣніемъ или другими благопріятными для добыванія добычи свойствами. Но, какъ только благодаря этому одинъ изъ существующихъ видовъ размножится до значительнаго числа индивидуумовъ, наступаетъ снова остановка въ его размноженіи.

На ряду съ уменьшеніемъ числа особей изъ-за недостатка пищи или поѣданія другими слѣдуетъ разсмотрѣть и другія обстоятельства, задерживающія размноженіе. Неблагопріятная погода, напр. холодная зима, очень сырое лѣто, можетъ уничтожить много индивидуумовъ одного вида. Ихъ мѣсто занимаютъ тогда другіе виды, размножившіеся въ большемъ числѣ, чѣмъ раньше, и оставшимся индивидуумамъ уменьшеннаго вида уже трудно снова достигнуть первоначальнаго числа, такъ какъ они, такъ сказать, найдутъ мѣсто за столомъ, занятымъ другими. Также ограничиваютъ размноженіе болѣзни, вызываемыя паразитами, въ то время какъ случаи сожительства могутъ дѣйствовать благопріятнымъ образомъ. Извѣстно, какъ часто личинки насѣкомыхъ, нападая на сѣмена растеній, дѣлаютъ ихъ невсхожими или совсѣмъ ихъ пожираютъ и такимъ образомъ уменьшаютъ ихъ размноженіе. Также уничтожаются паразитами и яйца животныхъ; молодыя животныя, въ особенности новорожденныя, подвергаются особенно многимъ опасностямъ, все это въ значительной степени уменьшаетъ размноженіе индивидуумовъ.

10. Борьба за существованіе. Представимъ себѣ, что одно изъ такихъ вредныхъ условій увеличится до значительной степени, тогда можетъ произойти совершенное уничтоженіе одного вида. Если и уцѣлѣютъ нѣкоторые индивидуумы, то они уже не смогутъ про-

тивостоять борьбѣ съ другими видами. Несомнѣнно, что въ теченіе геологическихъ періодовъ происходили большія измѣненія внѣшнихъ условій жизни, именно климата, распредѣленія воды и суши, высоты надъ уровнемъ моря въ различныхъ частяхъ земли. Въ высшей степени вѣроятно, что ихъ было совершенно достаточно, чтобы уничтожить совсѣмъ нѣкоторые виды. Дѣло было бы просто, если бъ надо было только понять, почему виды, жившіе въ прежнія времена, вымерли. Но, спрашивается, могутъ ли быть указаны также условія, дѣлающія вѣроятнымъ происхожденіе новыхъ видовъ.

Здѣсь Дарвинъ выступаетъ съ упомянутой уже *измѣнчивостью* видовъ. Такъ какъ потомки никогда не похожи совершенно на своихъ родителей, то и слѣдующія другъ за другомъ генераціи не будутъ никогда совершенно одинаковы; точно также всегда отличаются небольшой разницей другъ отъ друга и живущіе одновременно индивидуумы. Остается показать, что въ этомъ въ связи съ внѣшними обстоятельствами и лежитъ *причина безпрерывныхъ измѣненій*.

Мы видѣли, что число индивидуумовъ каждаго вида всегда стремится достичь возможнаго при данныхъ обстоятельствахъ максимума, но переступить его не можетъ. Эти обстоятельства складываются изъ всѣхъ условій, какъ внутреннихъ, лежащихъ въ самой организаціи животнаго, такъ и внѣшнихъ, зависящихъ отъ окружающей его среды. Мы изучили уже примѣры тѣхъ и другихъ. Ими, впрочемъ, не исчерпываются всѣ эти, очень запутанныя отношенія. Но уже изъ нашего изложенія видно, что далеко не всѣ индивидуумы одного и того же вида одинаково способны, живя одновременно въ одномъ и томъ же мѣстѣ, воспользоваться всѣми преимуществами и перенести всѣ невзгоды, которыя представляетъ для нихъ окружающая ихъ среда. Разсмотримъ нѣкоторые простые примѣры. Животное, которое подвергается нападеніямъ сильнаго хищника, всего скорѣе будетъ въ состояніи избѣжать этихъ преслѣдованій, если оно въ состояніи во-время замѣтить врага, достаточно скоро убѣжать или скрыться въ мѣстѣ, гдѣ его не можетъ преслѣдовать врагъ. Хищникъ же, напротивъ, тѣмъ скорѣе достанетъ пищу себѣ и своимъ дѣтямъ, чѣмъ онъ незамѣтнѣе подкрадется къ своей добычѣ, если онъ можетъ напасть ночью при слабомъ освѣщеніи и во время сна, если онъ, осторожно подкравшись, можетъ однимъ прыжкомъ броситься на свою жертву и сдѣлать ее неспособной къ сопротивленію. Вслѣдствіе такихъ, отчасти незначительныхъ различій изъ большого числа индивидуумовъ одного и того же вида нѣкоторые имѣютъ больше шансовъ на сохраненіе жизни, чѣмъ другіе. Такъ какъ внѣшнія обстоятельства дѣлаютъ невозможнымъ возрастаніе числа индивидуумовъ до безконечности, то и является среди всѣхъ одновременно существующихъ индивидуумовъ *борьба за существованіе*, какъ это называетъ Дарвинъ. Въ этой борьбѣ всегда побѣда остается за тѣми индивидуумами каждаго вида, которые благодаря какому-нибудь обстоятельству находятся въ болѣе благопріятномъ положеніи, чѣмъ другіе. Это будутъ тѣ изъ нихъ, которые лучше приспособлены къ разнообразнымъ жизненнымъ условіямъ, существующимъ въ данное время въ данномъ мѣстѣ. Слѣдствіемъ этого будетъ то, что въ среднемъ каждая генерація будетъ замѣтно отличаться въ одномъ или многихъ отношеніяхъ отъ предшествовавшей. Всѣ выжившіе индивиды, хотя каждый отдѣльный въ очень незначительной степени, отличались въ одномъ опредѣленномъ или въ нѣсколькихъ менѣе опредѣленныхъ направленіяхъ отъ своихъ родителей. И эти отличія въ среднемъ будутъ благопріятнѣе для данныхъ условій жизни. Такимъ образомъ борьба за существованіе ведетъ къ *выживанію болѣе приспособленныхъ*, какъ это удачно назвалъ Гербертъ Спенсеръ, который еще до Дарвина развилъ въ главныхъ чертахъ эту часть ученія.

Тѣ индивидуумы одного вида, которые не въ состояніи вынести условій борьбы за существованіе, умираютъ въ большомъ количествѣ еще въ раннемъ дѣтствѣ. Пережившіе же находятъ возможность дать начало новому потомству. Они *передаютъ*, какъ полагаетъ Дарвинъ, *по наслѣдству своему потомству*, какъ разъ тѣ свойства, которыми они

отличались отъ другихъ индивидуумовъ этого вида. Третье поколѣніе будетъ слѣдов. еще болѣе отличаться въ одномъ или нѣсколькихъ опредѣленныхъ направленіяхъ отъ первоначальнаго вида. И такъ продолжается отъ генераціи къ генераціи и въ естественномъ состояніи происходитъ то же, что получаетъ человѣкъ по собственному желанію при искусственномъ подборѣ. Поэтому Дарвинъ указываетъ, что можно говорить объ естественномъ отборѣ, который ведетъ къ постепенному измѣненію видового характера и образованію новыхъ видовъ.

Это въ общихъ чертахъ содержаніе построеннаго Дарвиномъ ученія объ образованіи видовъ. Прослѣдить его въ отдѣльныхъ чертахъ и разобрать всѣ доводы за и противъ, занявшіе очень большую область въ біологической литературѣ въ послѣднія сорокъ лѣтъ, не входитъ въ мои намѣренія. Конечно, оно представляетъ еще много трудностей. Мы должны твердо различать основное предположеніе—измѣняемость видовъ и вытекающее отсюда постепенное происхожденіе теперешнихъ формъ организмовъ изъ другихъ отъ различныхъ предположеній и догадокъ о тѣхъ особенныхъ обстоятельствахъ, которыя дали поводъ къ такимъ измѣненіямъ. Постепенное измѣненіе видовъ, ученіе о развитіи (эволюціи), т.-е. предположеніе, что теперь живущіе виды произошли изъ другихъ, подтверждается столькими фактами, что его можно признать вполнѣ обоснованной теоріей. Что же касается причинъ, которыя привели къ этимъ превращеніямъ въ отдѣльныхъ случаяхъ, то, кромѣ указанныхъ Дарвиномъ условій, выдвигаются еще многія другія, которыхъ мы не будемъ разсматривать въ частностяхъ, такъ какъ воззрѣнія біологовъ еще недостаточно сходятся, чтобы позволить установку ученія, допускающаго общее примѣненіе.

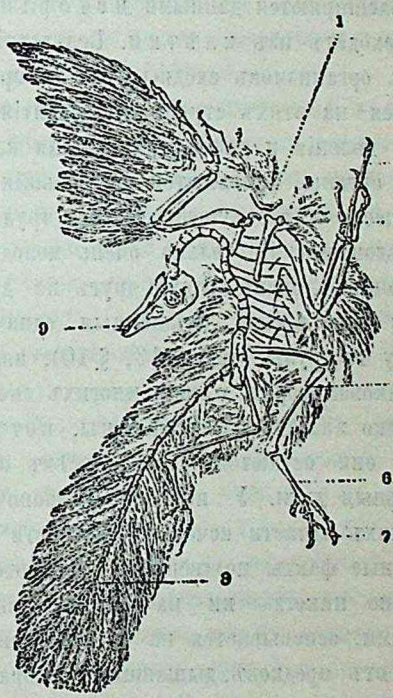


Рис. 132. Archaeopteryx lithographica, найденная въ литографскомъ шиферѣ въ Золенгофенѣ птица, стоящая по зубамъ, когтямъ на пальцахъ, а также по многочисленнымъ хвостовымъ позвонкамъ близко къ пресмыкающимся. 1 - ключица; 2, 3, 7—пальцы; 4 — локтевая кость; 5 голень; 6—плюсна; 8 - хвостовые позвонки; 9—зубы.

11. Филогенезъ. Если бы было возможно прослѣдить происхожденіе каждой извѣстной намъ формы живыхъ существъ, другими словами, можно было бы построить родословное дерево каждаго вида, то мы бы получили исторію живого міра. Если подумать только, сколько трудностей представляетъ часто возстановленіе родословной одной человѣческой семьи, за нѣсколько поколѣній назадъ, то не удивительно, что трудности, представляемыя всѣмъ живымъ міромъ, еще больше и даже прямо непреодолимы. Какъ тамъ, гдѣ для исторіи народовъ недостаетъ точныхъ источниковъ, приходится замѣнять ихъ собираніемъ скудныхъ остатковъ, такъ и для исторіи слѣдующихъ другъ за другомъ формъ животныхъ. Только въ очень рѣдкихъ случаяхъ мы можемъ основываться на исторически вѣрныхъ свѣдѣніяхъ. Обыкновенно же приходится руководствоваться очень неполными и притомъ трудно истолковываемыми палеонтологическими источниками и выводами, которые могутъ быть сдѣланы на основаніи данныхъ сравнительной анатоміи и исторіи развитія.

Палеонтологическія находки дополнили цѣлый рядъ пробѣловъ между животными, далеко отстоящими другъ отъ друга. Чѣмъ совершеннѣе мы изучаемъ разнообразныя формы живого міра, какъ существующія теперь, такъ и вымершія, тѣмъ болѣе заполняются

пробѣлы между отдѣльными членами и тѣмъ совершеннѣе идетъ постройка упомянутаго въ гл. 12, § 2, дерева, выходящаго изъ одного корня. Даже между различными классами являются связывающіе ихъ члены; такъ напримѣръ, найденная въ литографскомъ шиферѣ Золенгофена въ Баваріи первичная птица Archaeopteryx lithographica (рис. 132) настоящая птица, у которой, однако, ясно происхожденіе отъ рептилій; или же мы находимъ рядъ постепенныхъ переходовъ къ кажущимся совершенно отдѣльными образованіямъ, въ родѣ образованія ноги у современныхъ лошадей (Equidae). Особенно геологическія изслѣдованія Сѣверной Америки, которыя начались только въ новѣйшее время, повели къ большему расширенію и дополненію знаній ископаемыхъ формъ жизни, и каждый разъ они пополняютъ пробѣлы въ преемственной связи между собой извѣстныхъ живыхъ формъ. Изъ этого можно заключить, что при дальнѣйшихъ геологическихъ изслѣдованіяхъ доступныхъ частей земного шара это будетъ идти все дальше. Благодаря этому выигрываетъ въ вѣроятности и предположеніе объ общемъ происхожденіи всѣхъ живыхъ формъ изъ одной общей родоначальной формы.

Если сравнительная анатомія, благодаря такимъ находкамъ, получаетъ большую полноту и дѣлается возможнымъ изъ общности строенія растеній или животныхъ дѣлать заключеніе о взаимномъ сродствѣ формъ, то предположенія, основанныя на этомъ фундаментѣ, расширяются данными исторіи развитія. Всѣ живыя существа безъ исключенія происходятъ изъ клѣтки. Вслѣдствіе этого первоначальныя стадіи развитія всѣхъ живыхъ организмовъ сходны. Въ то время, какъ низшія растенія и животныя останавливаются на этихъ ступеняхъ развитія, у многоклѣточныхъ животныхъ и растеній вслѣдствіе дѣленія и дифференцированія клѣтокъ и обусловленной этимъ способности образовывать органы, появляются все большія и большія различія. Оттого точно опредѣлить развивающееся живое существо тѣмъ труднѣе, чѣмъ болѣе раннія ступени развитія подлежатъ изслѣдованію. Не только очень молодые зародыши одного и того же класса, напр. млекопитающихъ, очень похожи другъ на друга, но на самыхъ раннихъ стадіяхъ трудно различимы даже весьма отдаленныя одна отъ другой формы. Я напомню упомянутую раньше форму гаструлы (ср. гл. 13, § 10), являющуюся временной стадіей развитія въ совершенно одинаковой формѣ у очень многихъ многоклѣточныхъ животныхъ. При дальнѣйшемъ развитіи нерѣдко залагаются органы, которые опять исчезаютъ, въ то время какъ у другихъ они остаются. Такъ у всѣхъ позвоночныхъ въ извѣстной стадіи развитія находятся жаберныя дуги. У низшихъ позвоночныхъ животныхъ они остаются на всю жизнь, а у высшихъ отчасти исчезаютъ, отчасти идутъ на построеніе другихъ органовъ. Эти и другіе подобные факты подтверждаютъ гипотезу, по которой образованіе временныхъ органовъ, подобно никогда ни на что не употребляемымъ жабрамъ у позвоночныхъ, дышащихъ легкими, основывается на наслѣдственности, и значитъ слѣдов., что эти животныя происходятъ отъ предковъ, дышавшихъ жабрами. Это наблюденіе можно выразить въ такой общей формѣ: слѣдующія одна за другой формы развитія повторяютъ у каждаго живого организма (въ сокращенномъ видѣ) рядъ формъ, которыя пережили за все время предки животнаго. Эта гипотеза, впервые точно формулированная Геккелемъ и названная біогенетическимъ закономъ, даетъ основаніе выводить изъ исторіи развитія одного живого существа (онтогенезъ) заключенія о развитіи его вида (филогенезъ).

12. Цѣлесообразность и приспособленіе. Изслѣдованіе родословной исторіи имѣетъ дѣло съ задачами историческаго рода. Но, къ сожалѣнію, источники, дающіе свѣдѣнія о постепенномъ развитіи формъ, страдаютъ пробѣлами, не всегда ясны и ихъ часто трудно разобрать. Отъ этого и происходитъ, что выводы, сдѣланные въ отдѣльныхъ случаяхъ по даннымъ сравнительной анатоміи и исторіи развитія, остаются гипотезами. Напротивъ, предположеніе постепеннаго дифференцированія живыхъ формъ изъ простѣйшихъ можно

признать вполнѣ обоснованнымъ. На почвѣ этого предположенія пріобрѣтаютъ многіе раньше разрозненные факты ясную связь.

Съ давнихъ поръ обратила на себя вниманіе цѣлесообразность, господствующая въ органической природѣ. Съ ней въ рѣзкомъ противорѣчіи находится фактъ существованія органовъ и ихъ остатковъ, совершенно не проявляющихъ дѣятельности при жизненныхъ процессахъ. Изъ естественнаго отбора, принимаемаго Дарвиномъ, вытекаетъ логическое слѣдствіе, что живыя существа, лучше приспособленныя къ жизни, вытѣсняютъ другія менѣе приспособленныя и такимъ образомъ, наконецъ, должны остаться они одни. Вслѣдствіе этого должно образовываться все больше такихъ формъ, которыя лучше всего приспособлены къ условіямъ, при которыхъ они живутъ. Но на ряду съ этимъ имѣетъ значеніе и наслѣдственность; органы, бывшіе для предковъ полезными или даже необходимыми, потому что они жили въ другихъ условіяхъ, появляются и у ихъ потомковъ, хотя они въ нихъ вовсе не нуждаются, у однихъ только во время развитія, чтобы затѣмъ снова дегенерироваться, у другихъ на болѣе продолжительное время. Происходитъ ли первое или второе, это находится въ зависимости отъ времени, въ теченіе котораго этотъ органъ, дѣйствительно, функціонировалъ и отъ времени, съ котораго онъ уже пересталъ дѣйствовать. Чѣмъ было дольше первое, тѣмъ прочнѣе онъ входитъ въ общую организацію и тѣмъ сильнѣе проявляется передача его по наслѣдству. Напротивъ, чѣмъ больше времени прошло съ момента прекращенія его дѣятельности, тѣмъ легче онъ останавливается въ своемъ развитіи и остается въ взросломъ состояніи лишь какъ рудиментарный органъ.

Не наша задача обсуждать подробно и отдѣльно каждый фактъ, извѣстный въ этомъ отношеніи. Физіологія можетъ изслѣдовать только тѣ явленія жизни, которыя происходятъ у живущихъ въ настоящее время животныхъ, такъ какъ только они доступны наблюденію и экспериментальному изслѣдованію. И въ этой области еще многое не изслѣдовано, и намъ приходится при попыткахъ установить общіе законы очень часто искать помощи въ гипотезахъ или просто признаваться въ незнаніи. Это особенно часто приходится дѣлать при обсужденіи указанныхъ въ послѣднихъ главахъ вопросовъ, которые только въ меньшей своей части подвергались опытнымъ изслѣдованіямъ, частью же и совершенно не могутъ быть имъ подвергнуты.

При изслѣдованіи явленій жизни всегда должно быть нашимъ стремленіемъ сводить ихъ, насколько возможно, къ лучше извѣстнымъ явленіямъ не оживленной природы. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ это уже удалось, въ другихъ нѣтъ, быть-можетъ, только потому, что условія, при которыхъ происходятъ эти явленія, слишкомъ запутаны, чтобы ихъ можно было расчленить на составныя части. Что намъ до сихъ поръ не удалось, можетъ-быть, удастся при болѣе глубокомъ изученіи. Мы не имѣемъ основанія предполагать, что свойства матеріи могутъ стать другими, если будутъ частью живого существа, или что законы, которые мы изучили на процессахъ не живой природы, внутри живого существа не будутъ имѣть того же значенія. Такое предположеніе еще могло имѣть основаніе, когда явленія, которыхъ не могли объяснить, обозначались, какъ дѣйствія «силъ». Тогда говорилось о «живой силѣ», которая направляла и управляла всѣми явленіями живыхъ существъ. Теперь мы убѣдились, что такія предположенія ничего не даютъ для пониманія явленій и даже только мѣшаютъ дальнѣйшему изслѣдованію. Мы удовлетворимся лучше тѣмъ, что признаемъ недостаточность нашихъ знаній и будемъ подготовлять усерднымъ изученіемъ явленій то время, когда и для запутаннѣйшихъ задачъ будетъ возможно сведеніе ихъ къ простѣйшимъ, извѣстнымъ явленіямъ.

ДОБАВЛЕНІЕ.

Функціональныя отношенія. Графическое изображеніе и графическіе способы.

(Къ гл. 3-й и 21-й).

1. Ряды чиселъ, находящіеся въ функціональномъ отношеніи другъ къ другу, будутъ ли они получены опытнымъ путемъ, или при статистическихъ вычисленіяхъ, можно изобразить въ видѣ таблицъ, какъ это видно изъ примѣровъ, приведенныхъ въ гл. 3-й, §§ 5 и 9. Если нужно выразить, что два ряда величинъ находятся въ такомъ отношеніи, при которомъ каждой опредѣленной величинѣ одного ряда соотвѣтствуютъ одна или даже нѣсколько величинъ другого ряда, то это дѣлается съ помощью общей формулы $x=f(y)$. Въ ней, какъ указано въ текстѣ, x и y представляютъ двѣ измѣняющіяся или перемѣнныя величины. Если функціональная зависимость выражается опредѣленной формулой, то можно вычислить для каждой величины x соотвѣтствующую ей величину y и наоборотъ. Такимъ образомъ вычисленныя величины можно въ свою очередь выразить въ таблицахъ. Отношеніе будетъ нагляднѣе, если его изобразить графически по способамъ аналитической геометріи. Такъ какъ этотъ способъ находится въ большомъ употребленіи, то слѣдуетъ здѣсь кратко разсмотрѣть его въ главныхъ чертахъ.

Какъ примѣръ, мы выберемъ подробно разсмотрѣнные въ текстѣ опыты, которыми доказывается законъ паденія. Мы тамъ пришли къ выводу, что отношеніе между временемъ паденія и пространствомъ, пройденнымъ падающимъ тѣломъ, можно выразить формулой $s=at^2$, въ которой s и t величины измѣняющіяся, a же напротивъ постоянная, константа, которая имѣетъ опредѣленную, не измѣняющуюся величину на каждомъ мѣстѣ земли (срав. гл. 4, § 3, прим.). Пространство, проходимое падающимъ тѣломъ, можетъ быть измѣрено въ сантиметрахъ или другихъ мѣрахъ длины. Чтобы изобразить это на чертежѣ, отмѣримъ на прямой OX (рис. 133) отъ O любымъ масштабомъ длину $Oa=a.ab$. Дѣлимъ затѣмъ тѣмъ же масштабомъ линію OX далѣе и получаемъ величины $Oa=a, Ob=4a$, $Oc=9a, Od=16a$, которыя служатъ изображеніемъ пройденнаго при паденіи пространства.

Величины t измѣряются секундами. Такъ какъ время имѣетъ только одно измѣреніе (срав. гл. 5, § 2), то его можно изобразить прямой линіей. Произвольная единица длины должна изображать единицу времени (1 секун.). Пусть это будетъ длина $O\alpha$. Чтобы различать линіи, изображающія времена паденія, отъ линій, обозначающихъ пройденные пути, мы ихъ начертимъ въ другомъ направленіи. Для этого выбираютъ обыкновенно линію, перпендикулярную къ OX и обозначенную на нашемъ чертежѣ, какъ OY. Мы получаемъ такимъ образомъ обозначенія длины $O\alpha, O\beta, O\gamma, O\delta$, какъ наглядное изображеніе 1, 2 и т. д. секундъ.

Поставимъ въ точкѣ a перпендикуляръ къ OX и въ точкѣ α перпендикуляръ къ OY; оба пересѣкутся въ точкѣ A. То же сдѣлаемъ и въ точкахъ b и β, c и γ, d и δ, перпендикуляры которыхъ пересѣкутся въ B, C и D. Мы получимъ цѣлый рядъ прямоугольниковъ, у которыхъ противоположныя стороны равны. Такимъ образомъ $aA = O\alpha$ и

$\alpha A = O a$, $bB = O\beta$ и $\beta B = Ob$, $cC = O\gamma$ и $\gamma C = Oc$, $dD = O\delta$ и $\delta D = Od$. Каждая изъ этихъ паръ линій представляетъ двѣ величины, зависимыя другъ отъ друга согласно формулѣ. Поэтому называютъ обѣ постоянно связанныя между собою линіи координатами, а обѣ вспомогательныя линіи, при помощи которыхъ сдѣлано построеніе OX и OY, осями системы координатъ (въ нашемъ случаѣ прямоугольной). — OX называется осью X, или также осью абсциссъ, а ея отдѣльные отрѣзки абсциссами; OY называется осью Y, или осью ординатъ, а ея отрѣзки ординатами. Каждой абсциссѣ соотвѣтствуетъ одна ордината и наоборотъ. Если дана опредѣленная абсцисса, то можно найти соотвѣтственную ординату, такъ такъ ихъ функціональная зависимость точно опредѣляется формулой.

Подобно тому какъ для точекъ a и α, b и β и т. д., мы можемъ сдѣлать построеніе и для другихъ точекъ, лежащихъ на оси абсциссъ и ординатъ. Ординатѣ $O\varepsilon$, которая представляетъ величину въ $3^1/_2$ секунды, соотвѣтствуетъ абсцисса $Oe = 12^1/_4 a$. Соотвѣтственныя линіи пересѣкутся въ точкѣ E, которая лежитъ между C и D. Чѣмъ больше опредѣляютъ такихъ точекъ, тѣмъ болѣе располагаются онѣ въ правильную кривую. Точное разсмотрѣніе этой послѣдней указываетъ, что у нея свойства параболы, которую получаютъ, если разрѣзаютъ конусъ въ плоскости, параллельной его оси.

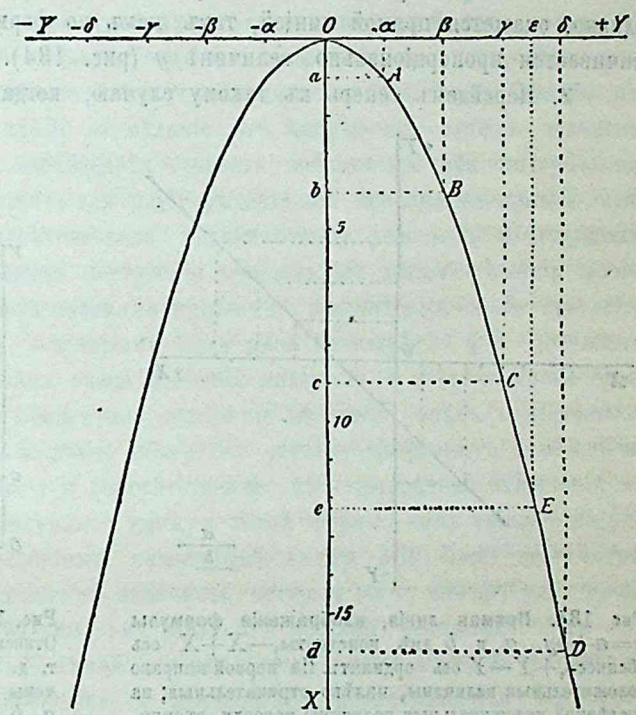


Рис. 133. Парабола, какъ наглядное изображеніе прохожденія во времени пути при свободномъ паденіи. Ось ординаты $-YO+Y$ изображаетъ время, измѣряемое изъ точки O, нулевой точки системы координатъ. Направо изображено время, прошедшее отъ начала паденія, какъ положительная величина; налѣво, какъ отрицательная, время, предшествовавшее паденію; на оси абсциссъ OX нанесены пути, проходимые при паденіи.

Парабола состоитъ изъ симметричныхъ половинъ, изъ которыхъ въ нашемъ построеніи видна только одна. Если замѣнимъ формулу $s = at^2$, лежащую въ основаніи нашего построенія, равнозначной ей $t = \pm\sqrt{\frac{s}{a}}$ (ср. гл. 3, § 8), то увидимъ, что каждой величинѣ абсциссы s соотвѣтствуютъ двѣ равныя величины ординаты, положительная и отрицательная. Изобразимъ отрицательныя величины t, чтобы отличить ихъ отъ положительныхъ, отмѣривъ ихъ на противоположной сторонѣ отъ точки O, и построимъ для нихъ (на нашемъ рисункѣ съ лѣвой стороны) кривую подобнымъ же образомъ, какъ и раньше, и получимъ другую половину параболы.

На нашемъ чертежѣ O обозначаетъ моментъ, когда началось паденіе тѣла, и въ то же время точку въ пространствѣ, откуда произошло паденіе. Паденіе совершается съ увеличивающейся скоростью; достигнувъ низа, тѣло имѣетъ скорость, прямо пропорціональную времени паденія. Если тѣло брошено съ извѣстной скоростью вверхъ, то оно поднимается съ убывающей скоростью, какъ разъ до той точки, откуда оно должно было бы упасть, чтобы развить такую же скорость, и употребляетъ для этого то же время, какъ и для паденія. Если мы такимъ же способомъ изобразимъ построеніемъ и движеніе вверхъ и притомъ будемъ измѣрять время съ того момента, когда тѣло достигло высшей точки, то мы должны будемъ время восхожденія считать отрицательной величиной, такъ какъ

оно предшествуетъ этому моменту. Это время будетъ естественно изображено линіями $O—\alpha$, $O—\beta$, и т. д.; лѣвая часть нашего чертежа есть точное изображеніе процесса восхожденія, точно такъ же, какъ правая представляетъ паденіе.

Совершенно такимъ же образомъ мы можемъ всякую другую выраженную опредѣленной формулой функціональную зависимость представить наглядно при помощи координатъ. Мы получимъ при этомъ, смотря по формулѣ, кривыя различнаго вида. Сдѣлаемъ, напр., построеніе для формулы $x=a+by$. Въ ней у насъ опять будутъ двѣ перемѣнныхъ величины x и y и двѣ константы a и b. При $y=O$ будетъ $x=a$, при $y=1$ будетъ $x=a+b$, при $y=2$ $x=a+2b$, при $y=-1$ $x=a-b$ и т. д. Вычисляя такимъ образомъ величину x при различныхъ положительныхъ и отрицательныхъ величинахъ y и нанося ихъ на систему координатъ, мы получаемъ соотвѣтствующую формулѣ кривую, которая, однако, окажется прямой линіей, такъ какъ по формулѣ величина x уменьшается и увеличивается пропорціонально величинѣ y (рис. 134).

2. Перейдемъ теперь къ такому случаю, когда опытомъ или статистическимъ пу-

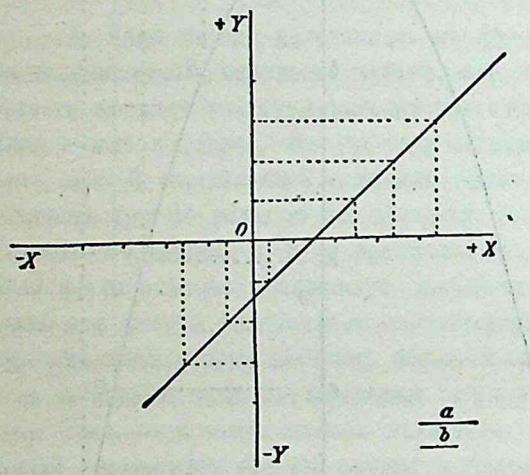


Рис. 134. Прямая линія, изображеніе формулы $x=a+by$. a и b двѣ константы,—$X+X$ ось абсциссъ,$+Y—Y$ ось ординатъ. На первой направо положительныя величины, налѣво отрицательныя; на послѣдней положительныя величины наверху, отрицательныя внизу.

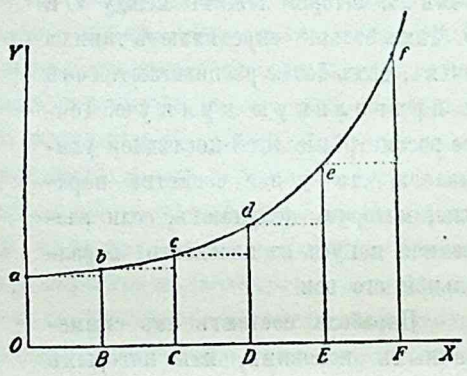


Рис. 135. Кривая, построенная по даннымъ опыта. Относящіяся къ отрѣзкамъ абсциссъ O, OB, OC и т. д. и найденныя путемъ опыта величины обозначены точками $a—f$. Кривая проведена чрезъ точки a, b, d и f, предполагая, что c и e опредѣлены невѣрно, благодаря ошибкѣ при опытѣ.

темъ найдены два ряда величинъ, но отношенія этихъ величинъ выражены не опредѣленной формулой, а общей $x=f(y)$. Приведемъ эмпирически найденныя, соотвѣтственныя другъ другу величины x и y въ систему координатъ и соединимъ конечныя точки ординатъ другъ съ другомъ прямыми линіями, тогда получимъ чертежъ, имѣющій значеніе таблицы. Если же опредѣлено большое число координатъ, такъ что ординаты находятся близко другъ отъ друга, то можно попробовать провести чрезъ ихъ верхнія точки общую кривую. Если будутъ найдены для равныхъ или почти равныхъ величинъ абсциссъ величины ординатъ, которыя благодаря неизбѣжной ошибкѣ наблюденія или случайности при статистическихъ данныхъ немного различаются другъ отъ друга, то кривая пройдетъ между ними, потому что вѣроятная истинная величина должна быть приблизительно равной среднему ариѳметическому числу изъ эмпирически найденныхъ величинъ. Рис. 135 представляетъ построеніе такой кривой; найденныя при опытѣ ординаты обозначены точками.

И даже если не удастся вычислить формулу для построенной такимъ образомъ изъ эмпирически полученныхъ чиселъ кривой, то можно уже изъ формы послѣдней вывести очень важныя заключенія.—При сравненіи кривыхъ рис. 133 и 135 оказывается, что у первой вогнутая, у послѣдней выпуклая сторона обращена къ оси абсциссъ. У первой ординаты увеличиваются медленнѣе абсциссъ, у послѣдней наоборотъ. Увеличеніе ординатъ

здѣсь при равномъ увеличеніи абсциссъ сначала ничтожно, но съ возрастаніемъ величинъ абсциссъ дѣлается все больше. То же самое замѣчается вначалѣ для кривой рис. 136 (стр. 376); но затѣмъ отношеніе становится обратнымъ. Кривая, обращенная сначала выпуклостью къ оси абсциссъ, становится вогнутой по отношеніи къ ней, а предъ концомъ снова дѣлается выпуклой. Въ мѣстахъ, гдѣ происходятъ переходы, кривая становится почти прямой линіей. Эти мѣста называютъ точками поворота. Вмѣстѣ съ тѣмъ послѣдняя кривая отличается отъ всѣхъ предыдущихъ тѣмъ, что она указываетъ максимумъ; соотвѣтствующая абсциссѣ PM ордината больше, чѣмъ всѣ ей предшествующія и слѣдующія за ней.

Какъ видно изъ этого, можно изъ формы такихъ, построенныхъ на эмпирическихъ данныхъ, кривыхъ дѣлать цѣнные выводы объ отношеніи обоихъ функціонально связанныхъ рядовъ чиселъ, даже если нельзя установить формулы, соотвѣтствующей ходу кривой *). Прежде всего построеніе ея приноситъ пользу тѣмъ, что позволяетъ для неопредѣленныхъ въ сущности мѣстъ ея прохожденія опредѣлять соотвѣтственныя величины. Этотъ способъ называется графической интерполяціей, въ отличіе отъ получаемой однимъ вычисленіемъ (ср. гл. 3, § 10). Если можно изслѣдовать точность найденныхъ при интерполяціи величинъ новыми опытами, то это служитъ для подтвержденія или исправленія кривой, пока не получаютъ такой, которая бы соотвѣтствовала практическимъ условіямъ изслѣдованія.

3. Въ качествѣ примѣра примѣненія построенія кривыхъ, съ цѣлью рѣшенія физіологическихъ или, скажемъ вообще, біологическихъ проблемъ, разсмотримъ ближе статистическія изслѣдованія объ измѣняемости, о которыхъ была рѣчь въ главѣ 21 § 8. Положимъ, что большимъ числомъ измѣреній собранъ очень большой матеріалъ о встрѣчаемости опредѣленнаго видоизмѣненія, и вычислено процентное отношеніе къ числу всѣхъ измѣренныхъ индивидуумовъ, тогда можно построить кривую, начертивъ систему координатъ и обозначая измѣренныя величины **) какъ абсциссы и соотвѣтственное имъ процентное отношеніе индивидуумовъ, какъ ординаты. Тогда получаютъ кривую такой формы, какъ указано на рис. 136, которая совершенно отвѣчаетъ условіямъ, указаннымъ на стр. 365. Чаще всего встрѣчается средняя величина; за ней слѣдуютъ тѣ величины, которыя въ ту или другую сторону мало отличаются отъ средней. Чѣмъ больше уклоненія отъ средней величины, тѣмъ ихъ меньше, пока они не достигнутъ при U самой низкой и при O самой высокой границы въ данномъ случаѣ. Различіе между наибольшей и наименьшей наблюдавшейся величиной изслѣдуемаго свойства выражено на кривой разстояніемъ абсциссъ UO и называется пространствомъ измѣненій.

Въ этихъ границахъ всегда существуютъ измѣненія, какъ слѣдствія присущаго живымъ существамъ свойства измѣнчивости. Происходящія различія обусловливаются свойствами родителей, вліяніями, которыя дѣйствуютъ при оплодотвореніи, во время развитія яйца и во время молодости индивидуума. Если видоизмѣненія переходятъ извѣстныя границы, то они могутъ быть вредными для индивидуума. Эти крайнія отдѣльныя отклоненія отъ средней величины уравниваются естественнымъ отборомъ, такъ что значительныя измѣненія всегда рѣдки и попадаются, какъ курьезы, въ видѣ исключенія (карлики или великаны и т. п.). Если они происходятъ у домашнихъ животныхъ или у культурныхъ

---

*) Возможно во всѣхъ случаяхъ построить по правиламъ анализа эмпирическую формулу $x = e + ay + by^2 + cy^3 \ldots$, состоящую изъ цѣлаго ряда членовъ, которые возрастаютъ по степенямъ одной изъ перемѣнныхъ.—e, a, b, c эмпирически опредѣляемыя константы. Берутъ столько членовъ, пока вычисленная величина не приблизится достаточно къ найденной. Обыкновенно уже двухъ—трехъ первыхъ членовъ бываетъ достаточно.

**) Въ описанномъ на стр. 365 примѣрѣ это была длина тѣла; но это можетъ быть всякое другое подвергающееся измѣненіямъ свойство, поскольку оно можетъ быть измѣрено и выражено въ числахъ.

растеній, то ихъ можно выбрать, какъ предметъ для искусственнаго подбора и исходную точку для образованія новыхъ породъ. Но когда внѣшнія условія жизни настолько измѣнятся, что крайнія формы могутъ лучше сохраниться, то сильно измѣненныя въ одномъ направленіи формы будутъ уже не такъ рѣдко встрѣчаться. Напротивъ, крайнія формы въ противоположномъ направленіи, можетъ-быть, будутъ хуже подходить къ новымъ условіямъ и станутъ очень рѣдки или даже совсѣмъ вымрутъ. Пока происходитъ такой процессъ измѣненій, форма кривой отличается асимметріей обѣихъ половинъ, какъ это видно на рис. 137. Наибольшее число въ этомъ случаѣ не совпадаетъ больше со средней величиной. Если этотъ процессъ постепенно идетъ впередъ, то кривая передвигается по оси абсциссъ при послѣдовательныхъ измѣреніяхъ и, когда процессъ останавливается, принимаетъ снова правильную форму, но съ другими величинами абсциссъ и ординатъ.

4. Въ предшествовавшихъ наблюденіяхъ для построенія кривой брались или полученныя экспериментальнымъ путемъ или статистическія числа, частью для болѣе точнаго изслѣдованія функціональныхъ отношеній, частью для того, чтобы нагляднѣе представить данныя изслѣдованія. Если же дѣло касается изслѣдованія движеній, то можно выбрать обратный способъ; можно начертить движеніе въ формѣ кривой, отмѣрить на ней измѣренія и установить числовыя величины. Этотъ способъ регистраціи не ограничивается только процессами обыкновеннаго движенія. Его можно употреблять всюду, гдѣ происходящіе процессы можно свести къ движенію какого-нибудь рода. Благодаря остроумію экспериментаторовъ придумано большое число записывающихъ аппаратовъ, употребляющихся какъ для научныхъ, такъ и для техническихъ цѣлей. Особенно въ большомъ употребленіи

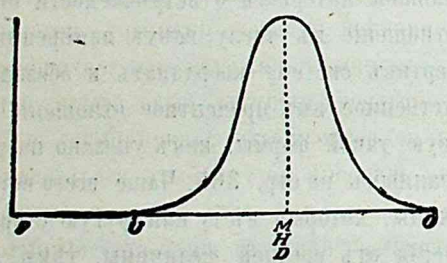


Рис. 136. Нормальная кривая измѣненій, начерченная по статистическимъ даннымъ. *PU*—наименьшая, *PO*—наибольшая измѣренная величина, *UO*—пространство измѣненій, *PM*—средняя величина для всѣхъ измѣреній. Ординаты обозначаютъ количество относящихся къ каждой отдѣльной группѣ измѣреній отдѣльныхъ случаевъ въ процентахъ всего числа измѣреній. Кривая симметричная.

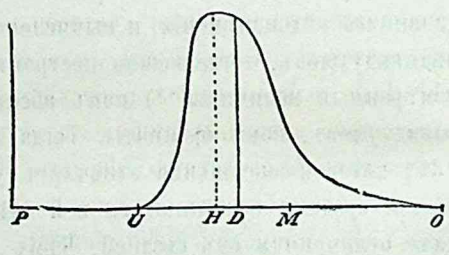


Рис. 137. Ассиметричная кривая измѣненій, какъ выраженіе вліянія, благопріятнаго для высшихъ величинъ измѣненія. *PU*—самая меньшая, *PO*—самая большая опредѣленная величина, *PM*—средняя величина, *H*—наибольшее количество, *D*—ордината, дѣлящая пополамъ плоскость кривой.

Ордината наибольшаго числа совпадаетъ съ линіей, дѣлящей плоскость, ограниченную кривой, пополамъ, а ея нижняя точка—съ средней величиной *M*.

эти графическіе способы изслѣдованія въ физіологіи; поэтому здѣсь будетъ умѣстно изложеніе лежащаго въ ихъ основѣ принципа, какъ дополненіе сказаннаго въ главѣ 3.

Всякое движеніе можетъ быть представлено, какъ функціональное отношеніе времени и мѣста, гдѣ находится въ различное время движущееся тѣло. Откроемъ желѣзнодорожный путеводитель и мы увидимъ, что у названія каждой станціи указано время, когда каждый поѣздъ приходитъ и уходитъ со станціи. Вмѣсто этого можно выбрать картинное изображеніе, гдѣ станціи, смотря по ихъ отдаленію отъ исходнаго пункта (измѣреннаго въ километрахъ), наносятся на оси абсциссъ, время, измѣренное въ минутахъ съ момента отхода съ начальной станціи, отмѣряется на оси ординатъ, и соотвѣтственныя величины координатъ изображаются по выше даннымъ правиламъ. То же самое относится и ко всякому другому движенію; всегда можно представить отстояніе движущагося тѣла отъ какого-нибудь опредѣленнаго мѣста, изображаемаго нулевой точкой системы координатъ, какъ функ-

цію времени. Изображеніе такой кривой производится самимъ движущимся тѣломъ при графическомъ или регистрирующемъ способѣ изслѣдованія.

Предположимъ, что мы хотимъ точно изслѣдовать родъ движенія колеблющагося камертона. Мы укрѣпляемъ на одномъ зубцѣ возможно легкое остріе для писанья, напр. щетинку и прислоняемъ ее къ гладкой бумагѣ или стеклу, покрытому тонкимъ слоемъ копоти. Заставляемъ колебаться камертонъ, остріе движется по предназначенной для писанья поверхности; это движеніе видно по стертой копоти. Такимъ образомъ можно увидѣть и измѣрить то, что на стр. 57 мы называли амплитудой колебанія.

Если острія камертона находятся въ горизонтальномъ положеніи, ихъ движеніе напишетъ вертикальную линію. Если же дадимъ имъ придти въ спокойное состояніе и будемъ затѣмъ двигать доску для писанья мимо острія въ горизонтальномъ направленіи, то оно напишетъ горизонтальную линію. Если движеніе имѣетъ равномѣрную скорость, то разстояніе острія отъ исходной точки въ каждый данный моментъ времени пропорціонально времени, прошедшему съ момента оставленія этой точки. Если оба движенія будутъ одновременны, то остріе пишетъ — волнообразную кривую, у которой ординаты представляютъ амплитуды колебаній, а абсциссы время. Колебанія камертона слѣдуютъ равномѣрно, продолжительность слѣдующаго одно за другимъ колебанія всегда одинакова. Можно поэтому описанное изображеніе колебаній употреблять для контроля равномѣрности движенія, или измѣрять время по числу колебаній и ихъ подраздѣленій или фазъ.

Подобнымъ образомъ можетъ быть записано всякое другое движеніе, если съ движущимся тѣломъ соединять приборъ для записыванія. Если движенія очень малы, то ихъ можно увеличить чувствительнымъ рычагомъ, укрѣпивъ перо на длинномъ рычагѣ. Вмѣсто закопченнаго стекла можно употребить покрытый закопченной бумагой цилиндръ, который поворачивается на своей оси, или бумажныя ленты, которыя движутся на вертящемся валѣ. Надо только, чтобы движеніе поверхности, на которой пишутъ, было всегда перпендикулярно движенію пишущаго острія и имѣло бы по возможности равномѣрную, и во всякомъ случаѣ извѣстную скорость. Кромѣ собственно движеній могутъ быть изслѣдованы подобнымъ же образомъ измѣненія другого рода, если удастся ихъ такъ передать, чтобы образовалась прямолинейное движеніе. Если мы помѣстимъ напр. въ жидкость открытой трубки изображеннаго на рис. 9 манометра легкій, выдающійся надъ верхушкой трубки поплавокъ съ прикрѣпленнымъ къ нему перомъ, то можно начертить колебанія давленія въ сосудѣ *g*. Такимъ образомъ былъ устроенъ введенный впервые Людвигомъ въ физіологическую технику аппаратъ подъ названіемъ кимографа или записывателя волнъ, благодаря которому записываются колебанія давленія крови. Многочисленные другіе аппараты употребляются при изслѣдованіяхъ процессовъ дыханія, кровообращенія, сокращенія мышцъ и т. п. Описаніе ихъ относится къ изложенію спеціальныхъ изслѣдованій, для которыхъ они употребляются.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ.

Abdomen 167.
Абіогенезъ 358.
Аборальный конецъ 167.
Абсолютная система мѣръ 33, 58.
» температурная скала 75.
Абсорбція 84.
Абсцисса 373.
Авогадро гипотеза 80, 110.
» законъ 257.
Автоматическія движенія 337.
Автоматы 186.
Agaricus melleus 313.
» olearius 313.
Агаръ-агаръ 269.
Аггрегатное состояніе 46, 90, 188.
Адвентивныя почки, см. Запасныя почки.
Аденинъ 163.
Азотистое равновѣсіе 248.
Азотистыя вещества 145.
Азотнокислый калій 93.
Азотъ 31, 51, 70, 79, 106, 110, 113, 114, 119, 124, 142, 249.
Аквaріумъ 264.
Акролеинъ 155.
Аксіома 14, 24, 26.
Actinosphaerium Eichhorni 304.
Акустика 57.
Ализаринъ 141.
Алифатическій рядъ 138.
Alca impennis 360.
Алкалоидъ 144, 259.
Алкоголи 127, 322.
» многоатомные 129.
Алкогольное броженіе 148.
Алкоголаты 129, 136.
Аллотропія 92.
Алмазъ 92, 112.
Алоинъ 259.
Альбуминаты 160.
» кислые 161.
» щелочные 161.
Альбуминоиды 164.
Альбумины 160.
Альбумозы 160, 161.
Альвеолы 180, 235.
Альвеолярныя железы 223.
Альдегидная группа 130.
Альдегидъ 129.
Альдозы 146.
Алюминій 70, 113, 249.
Амбулакральная ножка 307.
Amoeba polypodia 188.
» proteus 188.
Амебоидныя движенія 191.
Амебы 187, 303, 324, 344.
Амидобензолъ 142.
Амидогруппа 142.
Амидокапроновая кислота 143.
Амидопропіоновая кислота 143.
Амидоуксусная кислота 142.
Амиды 258.
Амилазъ 290.
Амилодекстринъ 153.
Амилоидъ 153.
Амилолитическій энзимъ 289, 290.
Амин... см. Амид...
Аминовыя основанія 159.
Амитотическое дѣленіе клѣтокъ 353.
Амміакъ 51, 110, 114, 118, 124, 142, 322.
Амміачный растворъ гидрата окиси мѣди 252.
Аммоній 131, 142.
Ammocoetes branchialis 16.
Аморфныя тѣла 92.
» формы 3.
Амплитуда колебанія 57, 377.
Амфибіи 244, 342, 365.
Amphioxus lanceolatus 217.
Anabas scandens 237.
Анализъ элементарный, качественный и количественный 114, 137.
Анальное отверстіе 211.
Анатомія 4.
» сравнительная 4, 370.
Анаэробіонты 231.
Анаэробныя бактеріи 269.
Анаэробы 231.
Ангидриды 136.
» кислотъ 137.
» спиртовъ 136.
Ангидрированіе 136.
Анилинъ 142.
Аніоны 120.
Аннелиды 345.
Анодъ 120.
Антаргонъ 51.
Anthozoa 229.

Антраценъ 141.
Антропологія 4.
Антропоморфизмъ 20.
Anus 170.
Аорта 175, 242, 244.
Aorta abdominalis 168, 244.
Аппараты 38.
Апріорныя истины 14, 24, 26.
Арабиноза 149.
Аргонъ 51, 119.
Аристотель 28, 32, 357.
Ароматическія соединенія 139.
Artemia Milhauseni 103.
» salina 103.
Arteria pulmocutanea 244.
» pulmonalis 175.
Артерія 174, 242.
Arthropoda 172.
Arum cardifolium 300.
» maculatum 300.
Archaeopteryx lithografica 370.
Архигонія 358.
Аскомицеты 135.
Asconidae 228.
Аспарагиновая кислота 143.
Аспарагинъ 143, 258, 322.
Ассиметрія углероднаго атома 133, 134.
Ассимиляція 192, 293, 355, 357.
Ассоціація 13.
Астрогнозія 4.
Астрономія 27.
Асцидіи 237.
Атавизмъ 364, 365.
Атмосфера, ея давленіе 71, 77.
Атмосферный воздухъ 51, 70, 79.
Атомность 124.
Атомный вѣсъ 52, 111.
Атомныя группы 125.
Атомъ 18, 49, 51, 56, 65, 199.
Атропинъ 144.
Aphididae 353.
Ахроматинъ 188.
Ахроодекстринъ 153.
Ацетиленъ 138.
Аэробы 231.
Аэротаксисъ 323.
Аэротропизмъ 322.

Бабочки 353, 364.
Bacillus acidi lactici 148, 150.
» » laevolactici 136.
» butyricus 148.
» radicicola 271, 273.
Бактеріи, см. Дробянки.
Бактеріопурпуринъ 252.
Bacterium aceti 274.
» lactis 148.
Bacterium phosphorescens 313.
» photometricum 231.
Бактероиды 271.
Барій 124.
Барометръ 77.
Beggiatoa 231.
Бегонія 341.
Бедро 172.
Безазотистыя вещества 145.
Безымянная кость 172.
Бензальдегидъ 141.
Бензойная кислота 141.
Бензолъ 139, 141.
Бензольное кольцо 139, 141.
Бергманнъ 8.
Бернаръ, Клодъ 152.
Берцеліусъ 132.
Beta vulgaris 150.
Bison americanus 360.
Біогенетическій законъ 370.
Біологическая единица 203, 204.
Біологія 5.
Birgus latro 238.
Бластула 218.
Блохи 357.
Блуждающія споры 212.
Бобовыя 271, 273.
Бобръ 360.
Бойля законъ 72, 75, 79, 83, 84, 85, 118.
Бокальчатыя слизистыя клѣтки 162.
Боковая плоскость 167.
Боковой геотропизмъ 321.
Боковые органы рыбъ 336.
Боковыя почки 339.
» цѣпи 138.
Бокорный 289.
Болотный газъ 71, 81, 124, 125, 270.
Большая берцовая кость 172.
Большой мозгъ 333.
Борьба за существованіе 368.
Ботаника 3.
Branchipus stagnalis 103.
Бродильно-молочная кислота 133.
Броженіе 148.
Бромъ 113, 119, 123.
Бронхи 235.
Бронъяръ 300.
Броуновское движеніе 303, 316.
Броунъ, Робертъ 208, 303.
Брыжжейка 168.
Брюкке, Эрнстъ 205.
Брюшина 172.
Брюшная аорта 170.
» полость 167.
» сторона 167.
Брюшныя внутренности 183.
Дю-Буа-Реймонъ 284, 312.

Bulbus cordis 244.
Бутанъ 126, 128.
Бутиловый алкоголь 128.
Бухнеръ, Э. 289.
Быкъ 362.
Бѣлковыя тѣла 70, 159.
Бѣлокъ 95, 98, 99.
Бэконъ Фр. Веруламскій 29.

Вакуоля 100, 188, 209.
» пульсирующая 210.
Валентность 124.
Ванилинъ 141.
Варентрапп 159.
Вдыханіе 180, 235.
Вебера законъ 319, 323.
Вегетаціонныя точки 339.
Велеръ 143.
Величина 26, 33.
» перемѣнная 35, 372.
» постоянная 35.
Vena cava ascendens 168, 175.
» » descendens 175.
Венера (планета) 30.
Вентиляція 276.
Вентральная сторона 167.
Ventriculus 168.
Вены 242.
Веретено 348, 352.
Vertebrae 169.
Верхушечныя почки 339.
Vesica fellea 170.
» urinaria 168.
Вещественное равновѣсіе 247.
Вещество 42.
Вещь 2.
Взрывъ 48, 66, 107, 317.
Вибріоны 136.
Вивисекція 40.
Виды 354, 361, 363.
Виллъ 159.
Винная кислота 132.
Винный камень 132.
Виноградная кислота 132.
» лоза 249.
Виноградноки слый натрій-аммоній 133, 135.
Виноградный сахаръ 113, 146, 147, 322.
Висячая капля 189.
Vibrio phosphorescens 313.
Villi 178.
Viola lutea 194, 249.
Viscum album 275.
Vita minima 197.
Включенія 188, 189, 191.
Влажная камера 190, 192.
Внутренности 168.
Внутриклѣточное пищевареніе 220.
Внѣклѣточное пищевареніе 220.
Вода 31, 42, 45, 47, 48, 50, 59, 64, 82, 85, 90, 108, 121, 193, 245, 246.
» какъ распространительница веществъ 276.
» круговоротъ въ движеніи ея 296.
» теплота образованія ея 280.
Водная культура 249.
Водные сосуды 246.
Водныя легкія 236, 246.
Водородъ 47, 48, 52, 64, 65, 69, 70, 86, 106, 108, 110, 113, 119, 121, 124, 128, 192.
Водоросли 198, 200, 257, 265, 274, 344, 316.
Водяной паръ 45, 83, 84, 108.
Возбудимость 182, 191, 318.
Возбудители броженія 273.
» гніенія 274.
Возвращеніе къ предкамъ, см. Атавизмъ.
Воздушно-сухой 98.
Воздушные корни 321.
» мѣшки 236.
Воздушный термометръ 74.
Возникновеніе жизни 356.
» міровыхъ тѣлъ 298.
» новаго вида 365.
Вокансонъ 186.
Вокеленъ 143.
Volvox globator 200, 224, 348.
Волна сокращенія 326.
Волокна 70.
Волокнистое строеніе 325.
Волокнистый хрящъ 220.
Волоски 324.
Волосные сосуды 175, 243.
Волосы 166.
Вольтаметръ 107.
Вольфъ, Каспаръ Фридрихъ 355.
Воля 19, 332, 337.
Вонючка 221.
Ворсинки 178.
Vorticella 343, 347.
Воскъ 156.
Воспринимающіе органы 302.
Воспріятіе 1, 2.
Восходящая полая вена 175.
Вращеніе плоскости поляризаціи 132, 134.
Время 33, 56.
де-Вризъ 101.
Всасываніе 174, 178, 259.
Вселенная 2.
Вспышка 58.
Вторичный пропиловый спиртъ 128.
Выводной протокъ 181.
» ходъ 222.
Выдыханіе 180, 235.
Выдѣленіе веществъ 245.
Выдѣленія 181, 220.

Выдѣлительная оболочка 189.
Выживаніе болѣе приспособленныхъ 368.
Выносящій протокъ 173.
Высаливаніе 95.
Высота подъема 310.
Вьюнъ 240.
Вѣроятная ошибка 34.
Вѣроятность 18.
Вѣсовыя опредѣленныя отношенія 50.
Вѣсъ 33, 43, 50, 52.
Вѣсы пружинные 42.
Вѣтеръ 276, 296, 358, 365.

Гааке 16.
Гаверсовы каналы 220.
Газовый обмѣнъ 248.
Газъ 46, 71, 106.
» отношеніе къ давленію 71.
» » » температурѣ 72.
» плотность или удѣльный вѣсъ 109.
Галактоза 148, 149.
Галилей 19, 25, 29, 32.
Галлеръ 8.
Галоиды 119, 123.
Галлы, см. Наросты.
Галлюцинаціи 334.
Гальванометръ 312.
Гальванотаксисъ 324.
Гаметы 346, 352.
Гангліи 326.
Гаптогенная перепонка 189.
Гарвей, Вильямъ 177, 357.
Гастроваскулярная система 229, 307.
Гаструла 218, 227, 370.
Гаусторіи 275.
Гваяколъ 141.
Гей-Люссака законъ 75, 118.
Геккель, Эрнстъ 205, 370.
Гексанъ 126.
Гексли 284.
Гексобіозы 146, 149.
Гексозы 146.
Гексотріозы 146.
Гептозы 146.
Гелій 51, 119.
Геліотропизмъ 321.
Геліотропинъ 141.
Гельмгольцъ 314, 326, 358.
Гематинъ 163.
Гемоглобинъ 103, 120, 162, 163, 179.
Generatio spontanea или aequivoca 358.
Гензенъ 152.
Генри законъ 85.
Географія 4.
Геометрія 26.
Геотаксисъ 321.
Геотропизмъ 321.
Hermann, L. 324.
Гермафродитизмъ 349.
Гете 366.
Гигрометръ 103.
Гидратація 162.
Гидратная вода 94, 162.
Гидратъ 94.
» аммонія 142.
» глинозема 96.
» кремнезема 96.
» окиси натрія 121.
Гидроксилъ 127, 128, 131.
Гидролизъ 137, 153, 162, 291, 292.
Гидролитическое расщепленіе, см. Гидролизъ
Гидромедузы 224.
Гидротаксисъ 323.
Гидротропизмъ 322.
Гипертоничность 102.
Гипоксантинъ 163.
Гипотеза 17, 22, 25, 28, 33, 371.
Гипотоничность 102.
Гиппуровая кислота 143, 270.
Гифы 346.
Гіалиновый хрящъ 220.
Глаза 336.
Глазныя пятна 336.
Глазокъ 341.
Гликогенъ 152, 279.
Гликоколлъ 142, 159, 165.
Гликопротеиды 162.
Гликохолевая кислота 142.
Глицеринъ 129, 130, 137, 156, 290.
Глицинъ 142.
Глобинъ 160, 163.
Глобулины 160.
Gloeocapsa polydermatica 200.
Глотка 170, 211, 230.
Глутаминовая кислота 143.
Глутинъ 165.
Глюкоза 146, 150, 231.
Глюкозаминъ 165.
Глюкозидъ 147.
Глютозы 165.
Гніеніе 276.
» навоза 270.
Гнѣзда птицъ 195.
Голень 172.
Головастикъ 4, 324.
Головной конецъ 167.
» мозгъ 169.
Головоногія 336.
Голоданіе 264.
Голотуріи 236, 307.
Гомогенное тѣло 91.
Гомойотермическія животныя 22, 180, 242, 300.
Гоппе-Зейлеръ 198.
Гортань 168, 170.

Горѣніе 64.
Государства животныхъ 223.
Граммомолекула 93, 112, 117, 280.
Граммъ 33, 42.
Гранитъ 70.
Гранулеза 151.
Графитъ 92.
Графическая интерполяція 375.
Графическій способъ изслѣдованія 376.
Графическое изображеніе 372.
Гребневики 305.
Гремучій газъ 107.
Грибки-дробянки 135, 197, 268.
Грибы 249, 273, 322, 357.
Гроза 22, 31.
Гроздевидная железа 223.
Грудина 167, 170.
Грудная железа 170.
» клѣтка 170.
» кость 167.
» полость 167.
Грудобрюшная преграда 167
Группы объектовъ 3.
Гуанинъ 163.
Губертъ 300.
Губки 228.
Губчатая паренхима 218.
Губы 170.
Гукъ, Робертъ 208.
Гуминовыя вещества 271.
Гумусъ 271.
Гусеница 353.
Гюйгенсъ 25, 29.

Давленіе 42, 52, 71.
» атмосферное 71, 77.
» воды 77.
» воздуха 25, 42.
» въ корняхъ 256, 302
» газа 71, 76.
» осмотическое 89.
» ртути 77.
Дальтона законъ 75, 85, 120.
Дарвинъ, Чарльзъ 366.
Дафніи 353.
Двигательная нервная клѣтка 350.
Двигательные нервы, см. Моторные нервы.
Двигательныя поля мозговой коры 337.
Движеніе 5, 55, 57.
» автоматическое 337.
» атомовъ 56.
» воды въ растеніи 255.
» вращательное 57
» круговое 57.
» массъ 302.
» молекулярное 56, 61, 66.
» мышцъ 172, 183, 306, 317.
Движеніе организмовъ 172, 183, 184, 189.
» поступательное 56.
» протоплазмы 188, 303.
» соковъ 302.
» эфира 56.
Двойная звѣзда 352.
Двойное лучепреломленіе въ клеѣ 92.
» » » кристаллахъ 92.
» » » мышечномъ волокнѣ 308.
» » » стеклѣ 45.
Двоякодышащія 238.
Двудольныя 249.
Двудомныя растенія 347, 349.
Двуокись углерода 131.
Двуполовыя растенія 347.
Двустороннее проведеніе возбужденія 330.
Двууглекислый натрій, диссоціація 120
Двухлористая сѣра 124.
Двухромовокислый калій 252.
Дегенерація перерѣзаннаго нервнаго волокна 328.
Дедукція 23, 26, 27.
Декстринъ 96, 152, 153, 174, 290.
Декстроза 146.
Демонстраціонные опыты 30.
Денатурированныя бѣлковыя тѣла 161.
Дендритъ 328.
Дерево, теплопроводность 91.
Desmidiaceae 305, 322.
Дефоэ 363.
Джуль 64.
Диоксиянтарная кислота 132, 133.
Диметилкетонъ 130.
Диметилъ-аминъ 142.
Диметилъ-бензолъ 140.
Диморфизмъ сообразно временамъ года 364.
Динамомашины 297.
Диссоціація 118, 120.
Дистальный конецъ 167.
Дифференцированіе 202, 207, 225, 335, 339.
Дифференцировка половая 345.
Диффузія газовъ 78.
» » свободная 78.
» » чрезъ влажныя раздѣлительныя стѣнки 86.
» » чрезъ поры раздѣлительной стѣнки 81.
» жидкостей 87, 99.
» » чрезъ пористыя раздѣлительныя стѣнки 88.
» коллоидныхъ веществъ 99.
Дихлоръ-метанъ 125.
Дичокъ 341.
Діагеліотропизмъ 321.
Діагеотропизмъ 321.
Діализаторъ 99.

Діализъ 99.
Діагнозъ группы 361.
Діастазъ 290.
Діатомовыя 306, 322, 343, 364.
Діафрагма 167, 170.
Dionea muscipula 221, 324.
Діосмозъ 88.
Difflugia pyriformis 194.
Длина 33.
Добавочное ядро, см. Ядро.
Доказательство 61.
Dolium galea 131.
Дорсальная сторона 167.
Достовѣрность 17.
Дочернія особи 345.
Дочерняя клѣтка 215.
Дришъ 321.
Дробленіе 340.
Дробинки 197, 198, 199.
Дрожжевые грибки, см. Saccharomyces.
Drosera rotundifolia 221, 324.
Дубильная кислота 105.
Дубъ 362.
Духовое ружье 62, 69.
Дыханіе 180, 192, 230.
» внутреннее и внѣшнее 241.
» растеній 232.
Дыхательная полость 255.
Дыхательное горло 168, 170.
Дыхательные органы 234.
Дыхательныя вещества 279.
» движенія 180, 184, 236.
Дѣйствіе 19, 21, 65.
Дѣленіе 195, 338, 343, 347.
» живыхъ существъ 202.
» ядра 352.
Дѣлимость матеріи 44, 45.
Дѣятельность мышцъ 309, 317.
» сердца 184.
Дюбуа-Реймонъ 284, 312.
Дюма 159.
Дютроше 300.

Единица времени 33, 56.
» измѣренія 33, 63.
» » теплоты 63.
Experimentum crucis 31.
Естествознаніе 1.
Естественныя бѣлковыя тѣла 160.
Euglena viridis 321, 322, 336.
Euphorbia 155.
Echidna 16.

Жаберная полость 236, 237.
Жаберныя дуги 370.
» легкія 237.
Жабры 234, 236, 239, 242, 246, 353, 370.
Жабы 357.
Жгутики 211.
Жгутиковыя инфузоріи 324.
» камеры 228.
Жгучій волосокъ крапивы 221.
Желатина 96.
» питательная среда 268.
Желатинированіе 97, 165.
Железистыя клѣтки, см. Железы.
Железы 173, 181, 220, 246, 289, 291, 317.
Желудокъ 168, 170.
Желудочекъ 174, 242.
Желудочно-кишечный каналъ 243.
Желчный пузырь 170.
Желѣзо 47, 48, 113, 124, 194, 249.
Желѣзобактеріи 231, 270.
Женская клѣтка 350.
Живая сила 371.
Живое вещество 98.
Живой бѣлокъ 279.
Животныя 3, 8, 9, 50, 272, 361.
Живчики 212, 344, 348, 352, 354.
Живые организмы 1, 4, 165, 185.
» » высшіе 187.
» » простѣйшіе 187.
Жидкости 46, 81.
Жизненныя явленія 7, 165.
Жирный рядъ 138.
Жирныя кислоты 131, 132, 137, 155, 159, 290.
Жировая эмульсія 155.
Жиръ изъ шерсти 156.
Жиры 70, 131, 144, 155, 174, 180, 245, 247. 261, 279, 280, 288.
Жолли 43.

Заднепроходное отверстіе 170, 211, 227.
Задыхаться 181, 264.
Заключеніе 15.
Закономѣрность явленій 14.
Законъ 18, 19, 22.
» общій 22.
» основной 22, 67.
» охлажденія 37.
» паденія 22, 32, 35, 43.
» постоянныхъ вѣсовыхъ отношеній 109.
» » объемныхъ » 109.
» причинности 19.
» сохраненія матеріи 50.
» тяготѣнія 19, 43, 54.
Замыкательныя клѣтки 255.
Замѣщеніе 121, 127.
» двойное 122.
Запасной матеріалъ 151, 258.
Запасныя вещества 249, 258, 345, 353.
» почки 339, 340, 343.
Записыватель волнъ 377.

Запястье 172.
Заложеніе 355.
Зародышевые листки 249.
Зародышевый пузырь 218.
Зародышевыя клѣтки 356.
Зародыши рыбъ 324.
Зародышъ 249, 350, 352.
Звуки 57.
Звуковое ощущеніе 53, 332.
Звуковыя явленія 61.
Зеленое удобреніе 271.
Зеленыя растенія 294.
Зелькиркъ, Александръ 363.
Земляника, ея ползучіе стебли 345.
Земноводныя 198, 238, 241, 353.
Зерно 197.
Зигоспора 346.
Зимнія яйца 353.
Зимняя спячка 198.
Злаки 249.
Змѣи 171, 357.
Зола 114, 194, 250.
Зоологія 3.
Зооспоры 539.

Иглокожія 307, 365.
Издержаніе энергіи 59.
Излученіе 36.
Измѣненіе объема 62.
Измѣненія безпрерывныя 368.
Измѣнчивость 362, 363, 366.
Измѣняемость 375.
Измѣреніе 33, 34, 56.
» работы 58.
» энергіи 58.
Измѣрительные опыты 32.
Изолированное распространеніе возбужденія 325.
Изомерія 128, 133, 134, 140.
» мѣста или положенія 140.
Изоморфія 92.
Изопропиловый спиртъ 128.
Изотоническія жидкости 90.
Изотоничность 101, 102.
Иллюзіи 334.
Имбибиція 98.
Имидогруппа 142.
Инверсія 150.
Инвертинъ 150, 291.
Индивидуумъ 186, 199, 201.
Индолъ 159.
Индуктивныя заключенія 15, 24.
Инкапсуляція 196.
Инструменты 34.
Интенсивность колебанія 57.
» электрическаго тока 67.
Интерполяція 38, 375.
Интрацеллюлярное дыханіе 232.
Интуссусцепція 192, 399, 340.
Инфузоріи 197, 324, 357, 358, 604.
Инцистированіе 208, 344.
Ипекакуана 341.
Испареніе 83.
Истина 18.
Истины апріорныя 26.
Исторія 4.
» живого міра 369.
» развитія 4, 202, 340, 353, 355 369, 370.
Истощеніе 310, 319.
Исчисленіе вѣроятностей 365.

Intestinum 168.
Imago 353.
Іодистый крахмалъ 152.
» метилъ 127.
» этилъ 127.
Іодъ 112, 119, 123, 125, 127, 152, 249.
Іоны (или іонты) 120.

Cavum cranii 169.
Казеинъ 161.
Калій 31, 70, 113, 123, 131, 249.
Калійная селитра 101, 117, 119, 322.
Калориметръ 280, 281.
Калорія 64, 435.
Калъ 174, 267, 270, 281.
Кальдвелль 16.
Кальцій 113, 124, 131, 194, 249.
Камеди (гумми) 96, 149, 154.
Каменистый каналъ 307.
Каменнаго орѣха сѣмена 149.
Камни 3.
Камертонъ 57, 61, 377.
Campanularia Johnstoni 224, 354.
Canalis vertebralis 169.
Canis 361.
Кантъ 41, 297.
Капельныя жидкости 82.
Капилляры 175, 242.
» тѣла 243.
Каприловая кислота 130, 156.
Каприновая кислота 130.
Капроновая кислота 130, 156.
Капсула 196.
Каракатица 337.
Карамель 150.
Карбамидъ 143.
Карбаминовая кислота 143.
Карбоксилъ 130.
Карболовая кислота 139, 141.
Карбонаты 131.
Carica papaya 291.
Кариокинезъ 353.
Каротинъ 252.

Carpus 172.
Картофельный сахаръ 147.
Carchesium polypinum 213.
Castor fiber 360.
Kationы 120.
Катодъ 120, 324.
Caulerpa prolifera 207, 303.
Качественные опыты 38.
Качественный анализъ 114.
Кварцъ 70.
Quercus 361.
Кверцитринъ 149.
Кекуле 139, 140.
Фанъ-Кемпеленъ 186.
Кеплеръ 19, 32.
Кератины 164.
Кетозы 146.
Кетоны 130.
Кимографъ 377.
Кинетическая теорія газовъ 78.
Кипѣніе 83.
Кислая реакція въ мышцахъ 311.
Кислица 131.
Кислородъ 47, 48, 51, 64, 66, 70, 79, 106, 108, 110, 112, 113, 119, 124, 128, 179.
» выдѣленіе его растеніями 250.
Кислотные эфиры 137.
Кислоты 122, 322.
» многоосновныя 131.
Киты 170.
Кишечнополостныя, см. Coelenterata.
Кишка 168, 170, 240, 246.
» тонкая 168.
» толстая 168, 174.
Clavellina lepadiformis 237.
Clavicula 171.
Клапанный снарядъ 174.
Классификація 1.
» организмовъ 272.
Классифицированіе 3, 362.
Классы 3.
Клеевые пептоны 165.
Клей 97, 104, 113, 114, 165.
Клоака 236.
Clostridium Pasteurianum 271.
Клубень 345.
Клубневыя бактеріи бобовыхъ 271, 287.
Клѣтка 9, 70, 100, 101, 185, 202, 203, 340, 370.
» искусственная 105.
» эмбріональная 339, 340, 344.
Клѣточная кожица 100.
» нить 217.
» оболочка 100.
Клѣточное ядро 100.
Клѣточный аггрегатъ 217.
Клѣточный сокъ 100.
Клѣточныя сообщества 215.
Клѣтчатка 100, 153, 208.
Ключица 171.
Cnidaria 211, 228.
Книдаріи 221.
Cobitis fossilis 240.
Кодеинъ 144.
Кожа 166, 240, 246, 301.
Кожица 218.
Козы 363.
Колбообразная железа 223.
Колебаніе 32, 57, 65, 377.
Колебанія равномѣрныя и неравномѣрныя 57.
» эфира 65.
Количественный анализъ 114.
» опытъ 38.
Количество теплоты 63.
Коллоидъ 96.
Colocasia odorata 300.
Колонія 199, 223, 344.
Columella 346.
Columna vertebralis 169.
Кольчатыя черви 345.
Конденсація 84.
Конечности 170.
Константа 372.
Конституціонныя формулы 127.
Контактное дѣйствіе 292.
Контуръ 189.
Конхіолинъ 165.
Концентрація раствора 89, 93.
Конъ, Фердинандъ 268.
Конъюгаты 346.
Конъюгація 345, 354.
Коллагенъ 164, 165.
Conchae 170.
Cor 168.
Коралловыя 229.
Корнеинъ 165.
Корневища 341.
Корненожки 304.
Корни 249, 250, 321, 322, 323, 341.
Коровье масло 157.
Costae 167.
Кости 171, 195, 220, 236.
Кохъ, Робертъ 268.
Cranium 169.
Крапива 221.
Крахмалъ 151, 256, 290.
Крахмальная клѣтчатка 151.
Крахмальный сахаръ 147.
Крахмальныя зерна 151, 256.
Креатининъ 144.
Креатинъ 144.
Кремневая кислота 194, 249.
Кремній 70, 113.

Кремневыя иглы губокъ 105.
Cremor tartari 132.
Crenothrix 231.
Креозотъ 141.
Крестецъ 172.
Криптонъ 51.
Кристаллизаціонная вода 94.
Кристаллоидъ 96.
Кристаллъ 3, 92.
Критическая температура 84.
Критъ 109, 112.
Кровообращеніе 174, 177, 241.
Кровь 70, 120, 163, 174, 178, 241.
Кровяныя тѣльца, бѣлыя 178, 191, 202, 203, 323.
» » красныя 102, 163, 178.
Кроликъ 166.
Круглоротыя 16.
Круговоротъ въ движеніи воды 296.
Кругооборотъ веществъ 262.
Ксантиновыя основанія 144, 163.
Ксантинъ 163.
Ксанторамминъ 149.
Ксантофиллъ 252.
Ксилоза 149.
Ксилолъ 140.
Ктенофоры 305, 326.
Куколка 353.
Кумаринъ 141.
Кунъ 313, 314.
Cuscuta europea 275.
Кутикула 210, 214, 219, 238.
Кьельдаль 159.
Кюне, В. 289.

Labia 170.
Лавуазье 50, 68, 113, 114, 247.
Лазающая рыба 237.
Лакмусовая бумага 121, 122.
Лактальбуминъ 160.
Лактоза 150.
Лактозинъ 151.
Ламаркъ 366.
Lampyris noctiсula 313.
Ланолинъ 156.
Лапласъ 297.
Larix 149.
Larynx 168.
Лассень 158.
Лебель 133, 147.
Лёбъ 321.
Лёвъ 289.
Легкія 168, 180, 235, 241, 243, 246, 353.
Легочная артерія 174, 243.
Легочные капилляры 243.
Легочныя животныя 238, 371.
» улитки 238.
Лейкартъ 8.
Лейкоциты, см. Кровяныя тѣльца, бѣлыя.
Лейцинъ 143, 159, 164, 165.
Lemna trisulca 254.
Leontodon taraxacum 362.
Либихъ 114, 265, 278, 292.
Лимонная кислота 132.
Лимфа 179.
Лимфатическіе сосуды 179, 219, 243.
Линней 361, 362.
Лисица 361.
Лиственный мохъ 323.
Литій 123.
Личинка 353.
» лягушечья 4.
Лишаи 265.
Lingua 170.
Лобковая кость 172.
Логическая погрѣшность 12.
Ложно-кожная артерія лягушки 244.
Ложные растворы 95.
Ложныя ноги, см. Псевдоподіи.
Локтевая кость 172.
Лопасти 305.
Лопатки 171.
Лошадь 363.
Лошакъ 363.
Луковица 345.
Луковички 345.
Лучевая кость 172.
Лучистая теплота 66.
Лучицы 303.
Лѣвая винная кислота 133.
Люголя растворъ 152.
Людвигъ 377.
Лягушка 183, 184, 198, 235, 244, 300

Магнитизмъ 26, 65.
Магнитная игла 66.
Магнитъ 47.
Магній 113, 194, 249.
Мадрепоровая пластинка 307.
Macrobiotus Schultzei 197.
Малярія 275.
Малая берцовая кость 172.
Мальтодекстринъ 153.
Мальтоза 149, 150, 151, 153, 290.
Манна 149.
Манноза 148, 149.
Манометръ 73, 74, 77.
Manubrium sterni 170.
Марганецъ 113.
Маргариновая кислота 130.
Марена 141.
Маріотта законъ 72, 75, 84, 118.
Масла 138, 155.
Масло горькихъ миндалей 141.

Масляная кислота 130, 148, 156, 157.
Масляное броженіе 148.
Масса 33, 43, 56.
Mastigamoeba aspera 211.
Математика 26.
Материнская звѣзда 352.
» клѣтка 215.
» особь 345.
Матерія 41, 55.
Machilis maritima 238.
Машина 64, 204, 286.
» приспособляющаяся къ работѣ 286.
» производящая работу 286.
Маятникъ 32, 57, 59.
Мегаспора 347.
Медузы 224, 354.
Medulla spinalis 169.
Медъ 146, 149.
Межклѣточное вещество 216.
» пространство 105, 219, 255.
Мезовинная кислота 133, 135.
Мезодерма 227.
Мейенъ 208.
Melolontha 361.
Mercurialis perennis 219.
Мерцательные волоски 212.
Mesenterium 168, 271.
Мета (положеніе) 140.
Метазоа 202.
Metacarpus 172.
Металлы 119.
Метана рядъ 126.
Метаморфозъ 353.
Метанъ 124, 125, 126, 127.
Метапектиновая кислота 154.
Metatarsus 172.
Метафизическіе вопросы 10.
Метафиты 202.
Метенилъ 125.
Метиленъ 125.
Метиленъ-хлоридъ 125.
Метиловый алкоголь 127.
Метилъ 125.
Метилъ-аминъ 142.
Метилъ-бензолъ 140.
Mephitis mesomelas 221.
Механизмъ 186.
Механика 27, 56.
Механическая работа 63.
Механическій эквивалентъ теплоты 64.
Микориза 273.
Микробы 268.
Микрокалорія 64.
Микроспора 347.
Миксомицеты 216, 304, 344.
Мильнъ, Эдварсъ 8.
Мимоза 324.
Миндальная кислота 135.
Миндальное масло 138.
Минералогія 3.
Миноги 16.
Myrianida fasciata 345.
Миристиновая кислота 130.
Мирициловый спиртъ 156.
Мистицизмъ 29.
Митозъ 353.
Мицелій 535.
Мицелли 356.
Micrococcus ureae 270.
Mikronucleus, см. Ядро.
Mimosa pudica 324.
Міозиногенъ 160, 310, 311.
Міозинъ 161, 310, 311.
Міръ внѣшній 1, 41.
» въ стеклянномъ сосудѣ 265.
Млекопитающія 3, 165, 242, 365.
Млечные сосуды 179.
Мнимая смерть 196, 197, 208.
Многоклѣточныя 202, 342, 343.
Мозговая кора 331, 337.
» оболочка 327.
Мозговой сахаръ 149.
Мозгъ 327, 331.
Молекулы 18, 46, 56, 65, 70, 89.
Молекулярная энергія 62, 66.
Молекулярное движеніе 303.
» состояніе 89.
Молекулярный вѣсъ 52, 89, 109
Моллюски 113.
Молоко 70, 155.
Молочная кислота броженія 132.
Молочнокислое броженіе 148.
Молочный сахаръ 148, 149, 150.
фонъ-Моль 208.
Монеры 205.
Монопластиды, см. Одноклѣточныя.
Monotremata 16, 24.
Монохлорметанъ 125.
Морскія звѣзды 307.
» растенія 113.
Морфинъ 144.
Морфологія 4.
Моторные нервы 182, 329.
Моча 70, 182.
Мочевая кислота 144, 270.
Мочевина 143, 180, 182, 246, 247, 270, 281.
Мочевой пузырь 168, 170.
Мочеполовая система 349.
Мочеточники 168.
Мукоидъ 163.
Mucor mucedo 273, 346, 350.
Мулъ 363.
Муравьиная кислота 130.
Мускульныя клѣтки 214.

Мухи и ихъ личинки 323.
Мухоловки 221.
Муциноидъ 163.
Муцины 96, 162.
Мыла 131, 157, 290.
Мыльный пузырь 45, 86.
Мышечное влагалище 308.
Мышечныя волокна 160, 306, 307.
Мышцы 172, 183, 213, 306, 317, 325.
» сердца 325.
Мѣдь 113.
Мюллеръ, Августъ 16.
» Іоганнъ 8.
Мягкія части тѣла 170.
Мясной экстрактъ 323.
Мясомолочная кислота 133, 310.

Наблюденіе 21, 29.
Набуханіе 96.
Навозъ 300.
Названіе 11, 14, 361.
Наложеніе 192.
Наплывъ (у растеній) 341.
Направленіе движенія 56.
Напряженіе паровъ 83.
Наросты 322, 341.
Наслѣдственность 354, 355, 366.
Насыщеніе растворовъ 93.
» химическихъ соединеній 138.
Насыщенныя соединенія 124, 138.
Насѣкомоядное растеніе 324.
Насѣкомыя 168, 299, 309, 324, 343, 349, 353, 365.
Нативныя бѣлковыя тѣла 160.
Натрій 113, 119, 120, 121, 131, 194, 249.
Натронная известь 114.
Натурфилософія 29.
Наука вспомогательная 5.
Науки дедуктивныя 24, 26.
» естественныя 23.
» индуктивныя 26.
» о духѣ 27.
» систематическія 3.
» точныя 23.
Наутилуса глазъ 336.
Нафталинъ 141, 144.
Нёбо 170.
Неврилемма 327.
Невѣсомыя вещества 53, 63.
Негели 292, 356.
Недостатокъ воды 197.
Недѣлимость 313.
Педѣятельная виноградная кислота 133.
Неизмѣняемость веществъ 50.
» количества энергіи 67.
» массъ 50.
» матеріи 263.
Нейритъ 328.
Нейронъ 328.
Нейтральная реакція 122.
Нейтральные жиры, см. Жиры.
Нектарники 221.
Nematoscelis rostrata 314.
Nemura lateralis 239.
Ненасыщенныя соединенія 138.
Неонъ 51.
Nepenthes 221.
Непроизвольныя движенія 184, 337.
Нервная система 182, 301, 309, 326, 331.
Нервное окончаніе 328.
Нервныя волокна 182, 325, 326.
» клѣтки 326, 328.
Нервы 182, 326.
» органовъ чувствъ 184.
Нефридіи 230, 246.
Никотинъ 144, 259.
Ниландеръ 147, 150.
Нитрифицирующія бактеріи 270.
Нитроглицеринъ 317.
Нобили 299.
Новообразованіе органическихъ веществъ 250.
Noctícula miliaris 313.
Нонозы 146.
Нормальный пропиловый спиртъ 128.
Носовая полость 170.
Носовой ходъ 170.
Носовыя раковины 170.
Нуклеиновыя основанія 163.
» тѣла 189.
Нуклеинъ 161, 164, 207.
Нуклеоальбумины 160.
Nucleolus, см. Ядро.
Нуклеопротеиды 162, 163.
Nucleus, см. Ядро.
Ньютонъ 19, 25, 29, 32.

Обитатели гумуса 273.
Облагораживаніе 341.
Обманы чувствъ 334.
Обмѣнъ веществъ 180, 192, 226, 247, 261.
Обновленіе 350.
Оболочка 249.
Обоняніе 323.
Общее давленіе въ газовой смѣси 79.
» равновѣсіе 248.
Объектъ 2.
Объемъ 42, 46, 52.
» газовъ 71.
» приведенный къ 0° и 760 mm. hg. 75.
Объясненіе 19, 21.
Огнетѣлки 313.
Одиночное сокращеніе 309.
Однодольныя 249.
Однодомныя растенія 347, 349.

Одноклѣточныя 202, 226, 338.
Однополовыя растенія 347.
Oesophagus 170.
Озазонъ 147.
Oxalis 131.
Окенъ 366.
Окисленіе 64, 180, 278.
» интрамолекулярное 232.
Окись ртути 118.
» углерода 280.
Оксибензойная кислота 141.
Оксибензолы 141.
Оксикислоты жирныя 132.
Оксипропіоновая кислота 133, 135.
Окулировка 341.
Олеиновая кислота 138.
Омаръ (кровообращеніе) 242.
Омела 275.
Омыленіе 157.
Онтогенезъ 353, 370.
Опалесцированіе 95.
Оплодотвореніе 348, 349, 350, 354, 363, 365.
Опредѣленіе азота 159.
Опредѣленія 13, 26.
Оптика 27.
Опухоли 340.
Опытъ 2, 30, 39.
Опыты на живыхъ существахъ 39.
Оральный конецъ 167.
Организмъ высшаго порядка 205.
Организмы 186.
» простые 186.
Органическія молекулы 356.
» соединенія 113, 125.
Органъ дыханія 180.
» обонянія 170.
Органы 70, 167, 186, 202, 205.
» клѣтки 208.
» свѣченія 314.
» чувствъ 1, 56, 327, 334.
Ординаты 373.
Ornithorhynchus 16.
Орто (положеніе) 140.
Орхидейныя 273.
Orchis Morio 149.
Осадочная оболочка 105, 189.
Осаждаться 95.
Освобожденіе 69.
Осевой отростокъ 328.
» цилиндръ 327.
Осель 363.
Os ilei 172.
» ischii 172.
» coxae 172.
Осмозъ 88, 103.
» и коллоиды 98.
Осмотическое давленіе 89, 100.
Осмотическое давленіе въ растительныхъ клѣткахъ 99.
Основаніе 19.
Основанія 122.
Основная особь 345.
» реакція 122.
Основной конецъ железы 181.
Основныя мѣры 33.
Особь 186, 224.
Os pubis 172.
» sacrum 172.
Осеннъ 164, 172, 220.
Oscillaria princeps 217.
» Froelichii 217
Отборъ 366.
Отдача тепла 35, 285, 299, 300
Отдыхъ 310.
Отдѣленіе 181, 220.
Отдѣльное сужденіе 12.
Откармливаніе 261.
Открытіе 29.
Отложеніе 192.
Отношеніе газовыхъ молекулъ 75.
Отправленія 298, 320.
Отравленіе крови 274.
Отрицательное колебаніе 312.
Отсутствіе достаточной пищи 367.
Ошибка 34; ея абсолютная и относительная величины 74.
Ошибка вѣроятная 34.
» постоянная 34.
Ошибки наблюденія 34.
» отсчета 34.
Ощущеніе 1, 319, 329, 331.
» свѣта 322.
» слуха 333.
» тепла 66, 335.
» тоновъ 335.

Palatum 170.
Палеонтологія 357, 360, 369.
Пальмитиновая кислота 130, 156.
Пальцы 172.
Память 2.
Papaver somniferum 104, 155.
Папоротники 323, 354.
Пара (положеніе) 140.
Паразиты 273, 367.
Paractis excavata 230.
Параличъ 183.
Paramaecium caudatum 210, 324 343, 346, 347, 350, 354.
Парамолочная кислота 133.
Парануклеинъ 164.
Парафинъ 126.
Паровая машина 64, 186, 282, 310.
Партеногенезъ 353.

Парціальное давленіе въ газовой смѣси 79.
» » растворимыхъ тѣлъ 90.
Паръ 46, 83.
Пастеръ 132, 135, 268, 289, 358.
Патологія 6.
Пектиновыя тѣла 149, 154.
Penicillium glaucum 135, 136, 273.
Пентанъ 126.
Пентозы 146, 149.
Пептоны 160, 161, 162, 165, 174, 323.
Первичная птица 370.
Перевариваніе 173, 192, 220, 259, 281, 290, 291.
Перегной 271.
Переживаніе органовъ 203.
Перекись водорода 280.
Перекрестное самооплодотвореніе 349.
Перемычки Ранвье 327.
Перемѣщеніе 305.
Перенесеніе возбужденія 330.
Перепонки полупроницаемыя 88, 99, 102.
Periplaneta orientalis 323.
Peritoneum 172.
Perpetuum mobile 60, 68.
Person 199.
Пескоройка 16.
Песокъ 44.
Пестикъ 349.
Петлевидные каналы 246.
Петрографія 4.
Petromyzon Planeri 16.
Печень 152, 168, 170, 173.
Пиво, приготовленіе его 150, 290.
Пигментныя пятна 336.
Пигменты листьевъ 252.
Пикте, Рауль 198.
Пиридинъ 144.
Пирогалловая кислота 141.
Пирогаллолъ 141.
Пирозомы 313.
Пирофоры 313.
Питаніе 172, 192, 248.
» животныхъ 259.
» растеній 248.
Питательная среда 269.
Питательные растворы для растеній 249, 268.
Питательный желтокъ 353.
Питательныя вещества 145.
Пища 172.
Пищеварительная трубка 172.
Пищеводъ 170.
Пищевыя вакуоли 211, 234.
Піэмія 274.
Плавательный пузырь 240.
Плавающая птица 360.
Плазма, см. Кровь.
Плазмодій 217, 323.
Плазмолизъ 101.
Planaria 229, 246.
Пластическія вещества 279.
Платина 66.
Плауны 113.
Плачъ растеній 255.
Плечевая кость 172.
Плодовый сахаръ 149.
Плоскость поляризаціи 133.
Плотность 53.
» газовъ 109.
» паровъ 113, 126.
Плотоядныя 261.
Плѣсневые грибки 152, 273.
Плюсна 172.
Пневматическое огниво 63.
Поваренная соль, см. Хлористый натрій.
Поверхность, отношеніе ея къ обмѣну веществъ 227.
Поверхность, отношеніе ея къ образованію тепла 299.
Повилика 275.
Поговорки 17.
Подборъ 366.
Подвздошная кость 172.
Подвижная спора 217, 322, 344, 349.
Поденка 239.
Поджелудочная железа 143, 173.
Подраздѣленіе 3.
» систематическое 3.
Позвонки 169.
Позвоночный каналъ 169.
» столбъ 169.
Позвоночныя животныя 169, 184, 326, 370.
Пойкилотермы 300.
Покой мышцы 309, 317.
Полевой шпатъ 70.
Полипластиды, см. Многоклѣточныя.
Полипы 224.
Полисахариды 146, 151, 288.
Полиевы пузыри 307.
Половое размноженіе 344, 345, 348.
Половые органы 223.
» признаки, вторичные 223.
» продукты 345, 348, 349.
Половыя различія 347.
Полость тѣла 169, 172.
Полужидкое состояніе аггрегаціи 97, 188.
Полупроницаемыя перепонки 88, 102.
Полъ 223, 349.
Поляризованный свѣтовой лучъ 45, 133, 308.
Полярная клѣтка 352.
Полярность 341.
Полярныя тѣльца 352.
Помѣси 355, 363.
Понятія 13.
Порядки 3, 362.

Постоянная притяженія 43.
Потенціальная энергія 59, 69.
Потеря воды 197.
Потовыя железы 181.
Потребленіе работы 286.
Потребность въ кислородѣ 232; см. Дыханіе.
Почки 168, 181, 339, 341.
Почкованіе 343, 344.
Правая винная кислота 133, 135.
Правило 16, 22.
Правильная послѣдовательность явленій 14, 19.
Превращеніе энергіи 58, 65, 317.
Превращенный сахаръ 150.
Предметы внѣшняго міра 1.
Предплечье 172.
Предплюсна 172.
Предположеніе 17.
Предростокъ 354.
Предсердіе 174, 242.
Предсказаніе 15.
Представленіе 2, 13, 14.
Пресмыкающіяся 198, 342.
Прививка 341.
Привой 341.
Придаточныя почки, см. Запасныя почки.
Признаки предметовъ внѣшняго міра 1, 3.
Природа 2, 20.
Приспособленія 38, 371.
Притяженіе 19.
Причина 19, 21.
Причинность 19.
Проба на азотъ 158.
Прованское масло 138.
Проведеніе возбужденій 321, 325.
» » изолированное 325.
» раздраженій 325, 330.
» тепла твердыми тѣлами 91.
Продолжительность колебанія 57.
Производное бензола 139.
Производныя метана 138.
Производство работы 282, 286.
» » мышцъ 309.
Произвольныя движенія 337.
Произрастаніе 31.
Происхожденіе 363.
Проксимальный конецъ 167.
Пропанъ 126, 128.
Пропиловый алкоголь 128.
Пропилъ 126.
Пропилъ-альдегидъ 130.
Пропіоновая кислота 130, 143.
Прорастаніе 249, 290.
Пророчество 15.
Пространство 56.
» измѣненій 375.
Простыя тѣла 48.
Протеиновыя вещества 247, 248.
Протеиновыя тѣла 70, 135, 137, 144, 145, 157, 159, 279, 289.
» » нативныя или естественныя 160.
» » первичныя 279.
Протеолитическій энзимъ 289, 290.
Proteus anguineus 238.
Протисты 9, 202, 345, 362.
Prothallium 354.
Протозоа 202, 326.
Протоплазма 100, 188, 278, 316, 323.
Протоплазматическій мостикъ 325.
» отростокъ 328.
Протофиты 202.
Процессы душевные, см. Психическіе процессы.
» ощущенія 2, 10.
» сознанія 1, 2, 10.
Пружинное ружье 62.
Прямая кишка 170.
Псевдоподіи 191, 209.
Псеудонуклеинъ 164.
Психическіе процессы 10, 184, 299, 338.
Психологія 10, 338.
Птицы 3, 243, 365.
Pulmones 168.
Пульсированіе 210.
Пульсирующая вакуоль 210.
Пурпуринъ 141.
Путь 56.
Пфефферъ 323.
Пчелы 223, 238, 299, 353.
Пылинки 358.
Пыльца 350.
Пѣнистая структура 105.
Пястье 172.

Работа 58, 62, 65, 279.
» превращеніе ея въ теплоту 63, 282.
Работники и работницы 223.
Работницы 353.
Рабочая единица 58.
Равенство 26.
Равновѣсіе динамическое 284.
» обмѣна веществъ 281.
Радикалъ 125.
Радіоляріи 304, 313.
Radius 172.
Разбуханіе 97.
Развитіе 4, 189, 201.
» вида 370.
» тепла механической работой 63, 64.
» » мышцами 310.
» » окисленіемъ 180, 279.
» » организмами 180, 280, 298, 318, 320.
» » электрическимъ токомъ 67.
Раздраженіе 69, 183, 191, 316.

Раздраженіе формативное 340.
Раздражимость, см. Возбудимость.
Раздѣленіе 1.
» живыхъ существъ 361.
» труда 316, 223.
Различныя вещества 70.
Разложеніе 48, 121.
Размноженіе 195, 338, 339, 343.
Разновидность 364.
Разрѣшеніе 317.
Райлейгъ 51.
Раковины 195, 306.
Ракообразныя 113, 195, 342, 353.
Ракъ 237, 327, 343.
Рамзей, Вильямъ 51.
Рамноза 149.
Раневая лихорадка 274.
Раса 4, 364, 366.
Расположеніе атомовъ 127.
Распредѣленіе 70.
Распространеніе веществъ 275.
Растворъ 87, 89, 93.
» концентрированный 93.
» ложный 96.
» насыщенный 93.
» разведенный 93, 94.
Растворимость 93.
Растеніе 3, 4, 9, 50, 187, 272, 326, 345, 349, 353, 362.
» питаніе его 248.
» ростъ его 31, 339.
Растенія-компасы 322.
» лишенныя хлорофилла 267, 271, 287.
Растительная клѣтка 100, 207.
Расщепляющій жиры энзимъ 289, 291.
Раффиноза 151.
Раціональная форма 127.
Раціональный законъ 37.
Реакція химическая 121, 123.
Ребра 167.
Регенерація 341.
» перерѣзанныхъ нервовъ 328.
Резорпція 174.
Rectum 170.
Renes 168.
Реотропизмъ 323.
Рептиліи 235.
Рефлексъ 184, 331.
Rhizobium leguminosarum 271.
Ризоиды 207.
Robinia pseudacacia 362.
Робинъ, Жанъ 362.
Родословное дерево 369.
Родство 362.
Родъ 361.
Ростокъ 249, 320.
Ростъ 179, 192, 302, 320.
Росянка 221.
Ротъ 227.
Ртутное давленіе 77.
Ртутные капиллярные электрометры 312.
Ртуть 71, 194.
Рудиментарный органъ 371.
Рудольфи 8.
Ружье 58, 62, 69.
Румфордъ 437.
Руэль 143.
Рыбы 198, 238, 240, 244, 336, 365.
Рыльце пестика 350.
Рѣзцы 170.
Рѣснитчатыя пластинки 305, 326.
Рѣснички 211, 305.
Рѣсничныя черви 229.
Рѣчной водоворотъ 284.
Ряска 254.

Sacculina carcini 275.
Салепы клубни 149.
Салициловая кислота 141.
Сальныя железы 181.
Самооплодотвореніе 349.
Самопроизвольное зарожденіе 358.
Сантиметръ 33.
Сантонинъ 259.
Сапрофиты 273, 274.
Сарколемма 308.
Sarracenia 221.
Сахарозы 146, 149.
Сахароколлоидъ 151.
Saccharomyces 148, 231, 268, 273, 344.
Saccharum officinarum 150.
Сахаръ 45, 88, 146.
Свекловичный сахаръ 150.
Свернутыя бѣлковыя тѣла 160, 161.
Свертываніе 98, 161.
Свертывающіе ферменты 161.
Свинецъ 194.
Свойства атома 49.
» вещества 70.
» предмета 30, 41.
Свѣтильный газъ 81.
Свѣтовой лучъ 44.
Свѣтъ 25, 65, 252, 295, 314, 333.
» поляризованный 308.
» электрическій 297.
Свѣтовое ощущеніе 332.
Свѣтящійся мохъ 314.
Свѣтящіеся раки 314.
Свѣченіе 313.
» глазъ 313.
Связь 21, 30.
» между родственными членами (Inzucht) 351.
Сгораніе въ живыхъ организмахъ 65.

Секреторные нервы 183, 329.
Секретъ 173, 181, 221.
Секреція 181.
Секунда 33.
Selaginella lepidophilla 197.
Сенсорные нервы 184.
Септицемія 274.
Сердце 168, 174, 184, 210, 241, 242, 244, 325.
Серебро 31, 123, 124.
Серицинъ 165.
Сжиганіе, см. Окисленіе.
Ст. Илеръ, Жоффруа 24.
Syconidae 228.
Сила 19, 21, 371.
» напряженія 59.
» тока 67.
Силлогизмъ 24.
Симбіозъ 265.
Sympaticus 168.
Симпатическая нервная система 327
Синтезъ 127, 137.
Синтонинъ 161.
Syncytium 216.
Сирены 170.
Система искусственная 3.
» координатъ 373.
Сифонофоры 224.
Scapulae 171.
Скатолъ 159.
Скелетины 165.
Скелетъ 170, 172.
Склеивающее вещество 216.
Скорость 56.
» въ нервахъ и мышцахъ 326.
» замедленная 56.
» линейная 57.
» равномѣрная 56.
» угловая 57.
» ускоренная 56.
Скрещиваніе 351.
Сливочное масло 155.
Слизевые грибки 152.
Слизистая оболочка 173.
Слизистыя тѣла 162.
Сложные эфиры 137, 156.
Сложныя вещества 47.
Слюда 70.
Слюна 173.
Слюнныя железы 173.
Смерть 196.
Смѣсь 47, 71.
Смѣшеніе жидкостей 86.
Собака 361.
Собственная температура 300.
Соединеніе 47, 49, 51.
» химическое 70, 112.
Соединительнотканныя образованія 219.
Сожительства животныхъ 224, 34[illegible].
Сознаніе 184, 329.
Созрѣваніе яйца 352.
Сократимость 302.
Сократительная способность 213.
Солдаты 223.
Солеобразователи 123.
Соли 122, 245, 247.
Солнечная система 298.
Солнечники 304.
Солнечные лучи 252, 295.
Солодовый сахаръ 151.
Солодъ 290.
Сонная артерія 244.
Сословія 223.
Сосуды 218.
Сохраненіе вида 196.
» матеріи 67.
» силы 67.
» энергіи 67.
Сочлененія 172.
Спектръ 163, 253.
Спенсеръ, Гербертъ 335, 368.
Сперма 349.
Сперматоидъ 349.
Сперматозоидъ, см. Живчики.
Сперматозома, см. »
Спермацетъ 156.
Species 361.
Специфическая энергія 332.
Специфическое раздраженіе 332.
Специфичность энзимовъ 291.
Спинная сторона 167.
Спинной мозгъ 169, 327.
Spirogyra 346.
Спиртные напитки 148.
Спирты 45.
Spongiae 228.
Спонгинъ 165.
Спорангій 346.
Споры 197, 212, 217, 343, 344, 354
Способъ регистраціи 376.
Сравнительная анатомія 4.
Срединная плоскость 167.
Сродство химическое 64, 124.
Status nascendi 119.
Стеапсинъ 157, 291.
Стеариновая кислота 130, 138, 153.
Стебли земляники 345.
Стекло 44.
Stentor polymorphus 342, 343.
Stephalia corona 225.
Стереоизомерныя соединенія 134.
Стереотаксисъ 323.
Стереотропизмъ 323.
Стерилизироваться 358.
Sternum 167, 170.

Стефенсонъ 296.
Стехіометрическій способъ 116.
Стойкія споры 344, 358.
Столбнякъ 309.
Стрекательныя нити 211.
Стрихнинъ 136, 144.
Строеніе, см. Структура.
Строенія клѣтокъ 104.
Структура 4, 91.
Студень (клеевой) 97.
Субстанціи 42.
Субъективныя ощущенія 334.
Сувойка 213, 347.
Суевѣріе 29.
Сужденіе 11.
Сумка (Echidn'ы) 16.
Сумчатые грибки 135, 268.
Суставчатоногія 172, 197.
Схематическіе аппараты 38.
Схизомицеты, см. Грибки-дробянки.
Schistostega osmundacea 314.
Schizophyceae, см. Водоросли.
Сцѣпленіе 28.
Сывороточный альбуминъ 160.
» глобулинъ 160.
Сѣдалищная кость 172.
Сѣмедоля 249.
Сѣмя 4, 197, 249, 290, 350.
Сѣмянникъ 349.
Сѣмянныя нити, см. Живчики.
Сѣра 47, 48, 51, 70, 92, 113, 119, 124, 249.
Сѣрная кислота 47, 131, 194.
Сѣрнистое желѣзо 47, 112.
Сѣрнокислая мѣдь 87.
Сѣрнокислый кальцій 93.
Сѣробактеріи 231, 270.
Сѣроводородъ 124, 269.
Сѣтчатый хрящъ 220.

Тавтологія 26.
Тазовый поясъ 171.
Таксисъ 320.
Таннинъ 105.
Tapetum 313.
Taraxacum officinale 362.
Тардиграды 197.
Tarsus 172.
Твердыя тѣла 46, 90.
Тейхмановскіе кристаллы гемина 163.
Температура 34, 36, 52, 72.
» вліяніе ея на зимотическіе процессы 293.
» границы, при которыхъ возможна жизнь 198.
» критическая 84.
» отношеніе къ объему 61, 72, 82.
Теоріи 22.
Теорія бензола 139.
» волнообразныхъ колебаній 26.
» истеченія 24.
Тепло 66.
Тепловое окоченѣніе 191.
Теплокровныя, см. Гомойотермическія животныя.
Теплообразованіе углекислоты 280.
Теплопроводность 119.
Теплопроизводство 285, 295.
Теплорегуляція 301.
Теплородъ 63.
Теплота 36, 63, 75, 180, 285.
» образованія 280.
» сгоранія 64, 280, 281.
» » пищевыхъ веществъ 281.
» » физіологическая протеиновыхъ тѣлъ 281.
Термо-динамическія машины 64.
Термометръ 34, 35.
» воздушный 74.
Термостолбикъ 299.
Термотаксическій 323.
Термотропическій 323.
Тетанусъ 309.
Тетрозы 146.
Типы химическихъ соединеній 121.
Тирозинъ 143, 159, 164, 165.
Тихоходки 197.
Tibia 172.
Thymus 170.
Ткани 70, 167, 185, 202, 216, 218, 245.
Тлѣніе 271.
Токъ, электрическій 66.
Толуолъ 140.
Тоны 57.
Thorax 170.
Торричелли 25.
Точка замерзанія 94, 117.
» кипѣнія 84, 94, 117.
Травоядныя 262, 367.
Травяныя вши 353.
Трагантъ 104.
Tradescantia virginica 209, 217, 303.
» discolor 101.
Транспирація 255.
Трахейныя жабры 234, 239.
» легкія 234, 239.
Трахея 168, 234, 238.
Трехъ-хлористый азотъ 124.
Трибутиринъ 156.
Трикаприлинъ 156.
Трикапронинъ 156.
Триметилъ-аминъ 142.
Триолеинъ 156.
Трипальмитинъ 156.
Тристеаринъ 156.

Трихлоръ-метанъ 125.
Тріозы 146.
Тріоксибензолъ 141.
Троммеръ 147, 150.
Тропизмъ 320.
Тростниковый сахаръ 101, 150, 323.
Трубчатыя железы 223.
Truncus arteriosus 244.
Трупное окоченѣніе 161, 311.
Трутни 223, 353.
Трюфель 152, 273.
Туберкулезъ 274.
Тубулезныя железы 223.
Tunicata 153, 237.
Turbellaria 229.
Тургоръ 101, 102, 256, 302, 324.
Тѣло 41.
Тычинка 3, 349.
Тягучесть 96.
Тяжесть 41, 76, 321.

Ублюдки, см. Помѣси.
Увяданіе 256.
Углеводороды 125, 126, 127.
Углеводы 70, 135, 137, 145, 174, 180, 245, 280.
Углекислота 50, 51, 85, 86, 112, 113, 120, 131, 246, 247, 250.
Углекислый калій 131.
» кальцій 131.
» магній 131.
» натрій 131.
Углеродъ 64, 70, 92, 106, 112, 113, 114, 115, 124, 125, 128, 131, 133.
Угольная кислота 120, 131, 194.
Удобреніе 266.
Удѣльный вѣсъ 52, 70, 77.
» » газовъ 109.
Указатель болотнаго газа 82.
Уксусная кислота 117, 130, 165.
Уксусно-кислое серебро 117.
Уксуснокислый аммоній 142.
» ангидридъ 137.
Уксусный эфиръ 137.
Улитки 162, 357.
Ulna 172.
Упругія жидкости 82.
Упругость газовъ 81.
Ureteres 168.
Urtica dioica 221.
Условія явленій 31.
Устрица 152.
Утконосъ 16.
Утомленіе 310.
Утомляющія вещества 310
Ученіе о развитіи 369.

Факиръ 197.
Фантъ-Гоффъ 133, 147.
Факультативные паразиты 274.
Фариноза 151.
Pharynx 170.
Фелингъ 147.
Femur 172.
Фенатренъ 141.
Фенилгидразинъ 147.
Фенилглюкозазонъ 147.
Фенилъ-аминъ 142.
Фенолъ 141.
Ферворнъ 207, 500.
Ферменты 161, 162, 221, 289.
Фибрилли 309.
» осевого цилиндра 328.
Фибриногенъ 160, 161.
Фибринъ 161.
Фиброинъ 165.
Физика 5, 48.
Физическая химія 49.
Физическія явленія 10.
Физіологическая химія 9.
Физіологія 5, 64, 202.
» нервной системы 1.
» общая 8, 202.
» отношеніе къ физикѣ и химіи 6.
» спеціальная 8.
» сравнительная 8, 166.
Филогенезъ 369, 370.
Фишеръ, Эмиль 146, 147.
Фіалки, желтыя 113, 194.
Fibula 172.
Флуоресценція 252.
«Фонари» свѣтящихся рыбъ 313.
Формальдегидъ 129.
Формативныя раздраженія 340.
Формы энергіи 67.
Формулы химическія 115, 126.
Фосфоресценція 314.
Фосфорная кислота 31, 131, 194, 322.
Фосфоръ 51, 70, 79, 113, 119, 249.
» пятихлористый 118.
Фототаксисъ 322.
Фототропизмъ 321.
Fraxinus Ornus 149.
Франклинъ, Веньяминъ 31, 301.
Фраунгоферовы линіи 163, 253.
Fressen 192.
Фруктоза 149.
Фрукты 146.
Фторъ 113, 123, 124, 194.
Fuligo varians 217, 322.
Фумаролы Казамичолы 198.
Функціональное отношеніе 35, 372.
Функція (въ физіологіи) 186.
Фуркруа 143.

Chamaeleo monachus 235.
Chara 303.
Chara crinita 353
» fragilis 250.
Характеристика 3.
Характеръ вида 355, 363.
Хвойныя деревья 273.
Helianthus tuberosus 293.
Chelidonium 155.
Heliosphaera 304.
Heliozoa 304.
Хемотаксисъ 322.
Хемотропизмъ 322.
Hepar 168, 170.
Heteromita 346, 350.
Hydra viridis 322.
» fusca 342, 314, 349.
Hydrozoa 229.
Химическіе процессы 65, 70.
» » въ мускулахъ 310.
Химическія дѣйствія микробовъ 269.
Химія 5, 48.
Хининъ 94, 144, 259.
Хинолинъ 144.
Хитинъ 153, 165.
Хищныя 367.
Хлористо-водородный газъ 65.
Хлористое серебро 66, 295.
Хлористый аммоній 93, 118, 142.
» метилъ 125.
» натрій 92, 122.
Хлороводородъ 110, 118, 121.
Хлоропласты 290.
Хлорофиллъ 151, 252, 254, 346.
Хлорофилльныя тѣльца 252, 346.
Хлороформъ 125.
Хлоръ 65, 69, 110, 113, 119, 124, 194.
Холалевая кислота 142.
Холерный вибріонъ 136.
Холестеринъ 138, 156.
Холоднокровныя 301.
Homo sapiens 361.
Chondrioderma difforme 216, 217.
Hormiphora plumosa 305.
Horror vacui 25.
Хранилища запасныхъ веществъ 290.
Хроматиновое вещество 354.
Хроматиновыя петли 352.
Хроматинъ 188, 352.
Хрящъ 220, 341.
Humerus 172.

Царица (у муравьевъ, пчелъ) 223, 353.
Царство 3, 362.
Цвѣтоощущеніе 334.
Цвѣточная пыль 349.
Цельсія температурная скала 74.
Центральная нервная система 169, 182, 183, 326.
Центробѣжные нервы 329.
Центрозома 209, 352.
Центростремительные нервы 330.
Центросферы 209.
Центръ тяжести 56.
Церебринъ 149.
Cerebrum 169.
Церотиновая кислота 156.
Цетиловый спиртъ 156.
Cyclostomata 16.
Цинкъ 66, 249.
Циркуляція 304.
Циста 196.
Цитоплазма 209.
Coelenterata 228, 349.
Coelom 172.
Цѣлесообразность 371.
Цѣпь гальваническая 66.

Части тѣла 166.
Часы съ маятникомъ 34, 69.
Человѣкъ 166.
Челюсти верхняя и нижняя 170.
Черви 342, 353.
Чередованіе поколѣній 224, 354.
Черенокъ 341.
Черепная полость 169.
Черепъ 169.
Черный тараканъ 323.
Чеснокъ 345.
Четырехъ-хлористый углеродъ 124, 125.
Чистыя культуры 268.
Членистоногія 353.
Члены 166.
Чувственныя впечатлѣнія 41.
Чувствительность къ свѣту 336.
Чувствительные нервы 184, 330.
Чувствительныя клѣтки 328.
Чувство 1, 2, 10, 56, 183, 334.
» давленія 319.
Чужеядныя 274.

Шванновская оболочка 327.
Шваннъ 208.
Швейцера реактивъ 153.
Шеле (Scheele) 132.
Шизомицеты, см. Грибки-дробянки.
Школьные опыты 30.
Шлейденъ 208.
Шульце, Ф. Э. 195.
Шумъ 57.

Щавелевая кислота 131, 258.
Щелевидныя отверстія 255.

Щелочи 322.
Щелочная реакція 122.
Щелочные альбуминаты 161.
Щупальца 221, 324, 342.

Эвдіометръ 107, 251.
Эволюція 354: см. Развитіе.
Эквивалентность 67.
Эквивалентъ 64.
Экзоскелетъ 172.
Экзотермическій процессъ 284, 292, 300.
Equidae 370.
Экскреты 181, 221.
Эксозмозъ 99.
Экспериментъ 30.
Эктодерма 218, 227, 326, 342.
Эктозаркъ 188.
Элаиновая кислота, см. Олеиновая кислота.
Эластины 164.
Электрическіе органы 312.
Электрическій токъ 47, 66, 312.
Электричество 26, 31, 65.
Электрическія свойства атомовъ и атомныхъ группъ 123.
» » во время возбужденія 326.
Электролиты 66, 94, 119.
Электропроводность 119.
Элементарный анализъ 114, 126.
» организмъ 205.
Элементы 48, 51, 71.
Эллипсоидъ 91.
Elodea canadensis 250, 362.
Эмпирическіе законы 19, 37.
Эмпирическія формулы 127.
Эмульсіи 155, 174, 291.
Энгельманъ 190.
Эндоскелетъ 172.
Эндосмозъ 99.
Эндосмометръ 88, 99.
Эндотелій 219.
Эндотермическій процессъ 284, 300.
Энергія 58.
» движенія или кинетическая 59, 62, 65, 66, 67, 68, 180, 281, 285, 296, 298, 317.
» молекулъ газа 76, 80.
» полезная 67.
» положенія или потенціальная 59, 62, 65, 67, 68, 69.
» солнца 295, 297.
Энергія химическая 64.
» эфира 65, 66, 68.
Энзимы 138, 150, 152, 154, 157, 221, 289.
Энтодерма 218, 227, 342.
Энтозаркъ 188.
Эпигенезъ 354, 355.
Эпидерма 218.
Эпидермисъ 218, 219.
Эпителіальныя мускульныя клѣтки 214.
Эпителій 219, 341.
Epistylis umbellaria 347.
Эритродекстринъ 153.
Эритроциты, см. Кровяныя тѣльца.
Erigeron canadense 362.
Erodium gruinum 103.
Aethalium septicum 217, 322.
Этанъ 126, 127.
Этиленъ 138.
Этиловый алкоголь 127.
» эфиръ 116, 137.
Этилъ 126.
Этилъ-альдегидъ 130.
Этилъ-бензолъ 140.
Этіолированные 254.
Эуфазіи 314.
Ephemera vulgata 239.
Эфирныя молекулы 54.
Эфиръ 23, 26, 45, 54, 65, 116.
Эфиры алкиловъ 136.
» спиртовъ 136.

Юкстапозиція 192, 339.

Я 1, 2, 55.
Яблочная кислота 323.
Явленія 1, 4, 54, 65.
» свѣта 54.
Ядерные бѣлки 160.
Ядро 188, 189, 205, 343, 344, 348, 349, 351, 352, 354.
» дробленія 352.
» яйца 352, 354.
Ядрышко 188.
Яды 196.
Языкъ 170.
Яичникъ 349.
Яичный альбуминъ 160.
» желтокъ 155.
Яйцо 4, 185, 202, 348, 352, 354.
Янтарная кислота 132, 143.
Ячеистая структура 105.

ПРИЛОЖЕНІЯ.

Библиотека
Василия Адольфовича
Д ра НЕЙМИТЦ
№

Проф. М. В. Ненцкій.

О ЗАДАЧАХЪ БІОЛОГИЧЕСКОЙ ХИМІИ.

Рѣчь, произнесенная въ торжественномъ засѣданіи на съѣздѣ естествоиспытателей и врачей въ Краковѣ въ іюлѣ 1900 г.

Переводъ съ польскаго

И. А. ЗАЛЕСКАГО и проф. С. С. САЛАЗКИНА.

О ЗАДАЧАХЪ БІОЛОГИЧЕСКОЙ ХИМІИ *).

Если кто, подобно мнѣ, болѣе тридцати лѣтъ посвятилъ научному труду въ извѣстномъ направленіи, у того, помимо воли, возникаетъ мысль о томъ, что времени у него остается уже мало и что нужно считаться съ одной стороны съ собственными силами, съ другой—съ предстоящими задачами, чтобы использовать это остающееся время, какъ можно лучше, и не растрачивать попусту пріобрѣтенной опытности въ методикѣ и матеріальныхъ средствъ, но сосредоточить ихъ умѣло, carpe diem—говоритъ ему его научная совѣсть.

Если я припомню себѣ то, что въ началѣ моей научной дѣятельности казалось мнѣ трудно достижимымъ, и сравню съ тѣмъ, что въ продолженіе истекшихъ 30 лѣтъ достигнуто, то могу сказать вмѣстѣ съ Goethe «wonach ich mich in der Jugend sehnte, davon habe ich im Alter die Fülle». Синтезъ продуктовъ регрессивнаго метаморфоза, какъ, напримѣръ, ксантиновыхъ тѣлъ, мочевой кислоты и проч., синтезъ сахара, разложеніе бѣлка на кристаллическіе продукты, полученіе самого бѣлка въ кристаллахъ—все это осуществлено. За это время и то, что представлялось намъ недоступнымъ, очутилось въ нашихъ рукахъ; и теперь мы, въ нашемъ постоянномъ стремленіи все впередъ, ставимъ себѣ для выполненія уже болѣе трудныя задачи. И я не сомнѣваюсь, что онѣ будутъ разрѣшены новымъ поколѣніемъ изслѣдователей, и у нашихъ преемниковъ появятся новыя цѣли, предугадать которыя въ настоящее время мы не въ состояніи. Появились новыя отрасли знанія, какъ бактеріологія, серотерапія, и сотни новыхъ фактовъ, касающихся превращенія матеріи и жизни вообще какъ одноклѣточныхъ, такъ и болѣе сложныхъ организмовъ. Итакъ, если достигнутые результаты побуждаютъ насъ къ рѣшенію и изслѣдованію съ каждымъ разомъ все болѣе трудныхъ вопросовъ о жизни, то слѣдовало бы выяснить, какая же конечная цѣль нашихъ изысканій въ области біологической химіи?

Задачей біологической химіи является не только познаніе составныхъ частей одно- и многоклѣточныхъ организмовъ, но и превращенія матеріи въ нихъ. На каждомъ шагу мы наталкиваемся на вопросы, въ чемъ собственно состоитъ явленіе, что живая клѣтка образуется, питается, растетъ, размножается и въ концѣ концовъ раньше или позже всегда умираетъ, и въ мертвой мы находимъ тѣ же самыя составныя части, что и въ живой? Возьмемъ, напр., Мм. Гг., живой одноклѣточный организмъ, въ родѣ дрожжевой клѣтки, амебы, бѣлаго кровяного тѣльца; во всѣхъ нихъ находятся на лицо тѣ явленія, которыя считаются характерными для жизни: organisatio, nutritio, evolutio, reproductio et mors; подви-

*) «O zadaniach biologicznej chemii podał Prof. Marceli Nencki. Kraków. 1900. Osobne odbicie z «Przeglądu lekarskiego».

мемъ температуру любого изъ этихъ организмовъ на 10° выше ихъ optimum'а, съ 40° до 50°, живая клѣтка дѣлается мертвою. Мы можемъ утверждать, что этотъ живой организмъ состоитъ во время жизни изъ воды, бѣлка, углеводовъ, жировъ, экстрактивныхъ веществъ и тѣлъ неорганическихъ; тѣ же самыя составныя части и въ томъ же самомъ процентномъ составѣ мы находимъ и въ тѣлѣ мертваго организма. Итакъ, что же произошло на самомъ дѣлѣ? Какъ измѣнилась матерія при переходѣ живой клѣтки въ мертвую? Вопросъ этотъ повторяется на каждомъ шагу нашихъ изслѣдованій, и выясненіе его представляетъ конечную цѣль біологическихъ наукъ.

Возможно ли достигнуть этой цѣли? или же, какъ утверждаютъ нѣкоторые, semper ignorabimus?

Я напередъ могу сказать, что каждый, работающій въ области біологіи, сознательно или безсознательно, стремится къ этой цѣли. Что до сихъ поръ сдѣлано въ этомъ направленіи и какія средства и пути будутъ употреблены для этого въ ближайшемъ будущемъ,— это составитъ предметъ моего настоящаго доклада.

Прежде всего намъ нужно условиться относительно двухъ главныхъ пунктовъ: 1) что частицы (молекулы), изъ которыхъ состоитъ матерія, не безконечно малы, но имѣютъ опредѣленную величину, и 2) что, на основаніи закона Авогадро, газы въ одинаковыхъ объемахъ, при одинаковой температурѣ и давленіи содержатъ одинаковое число частицъ, а поэтому вѣса тѣлъ въ газообразномъ состояніи равны ихъ частичнымъ вѣсамъ. Такъ, напр., вѣсъ уксусной кисл. въ газообразномъ состояніи въ 30 разъ больше вѣса водорода, слѣдовательно, частичный вѣсъ $C_2H_4O_2$ въ 30 разъ больше частичнаго вѣса водорода (H_2).

Изъ изслѣдованій надъ диффузіей и треніемъ газовъ оказалось, что молекулы 1 к. см., напр., водорода, если представить себѣ ихъ расположенными одна возлѣ другой, занимаютъ пространство, равное 9500 кв. см. Изъ дальнѣйшихъ вычисленій слѣдуетъ, что количество всѣхъ молекулъ, находящихся въ 1 кб. см.$=5\times10^{19}$. Въ микроскопическомъ пространствѣ съ діаметромъ въ 0,001 см. находится приблизительно 50000 милліоновъ молекулъ водорода. Самый малый предметъ, еще видимый въ настоящее время при самомъ сильномъ микроскопическомъ увеличеніи, приблизительно=0,000025 см. Въ такомъ объемѣ, при одной атмосферѣ, могло бы помѣститься свыше 1000000 молекулъ водорода (ср. Ostwald, Allg. Chemie, Bd. I. Stöch. S. 222).

Тотъ фактъ, что молекулы имѣютъ протяженіе, хотя и столь незначительное, весьма важенъ, такъ какъ отсюда слѣдуетъ, что мы въ молекулахъ имѣемъ дѣло съ матеріальными частицами извѣстной опредѣленной величины, и мы можемъ съ полнымъ правомъ предполагать, что и атомы, входящіе въ составъ молекулы, точно также имѣютъ извѣстное опредѣленное протяженіе.

Какъ извѣстно, сравнительно небольшое число тѣлъ можетъ быть переведено въ газообразное состояніе, безъ разложенія молекулы. Но мы имѣемъ достаточно фактовъ, доказывающихъ, что если бы и болѣе сложныя соединенія можно было перевести въ газообразное состояніе, то и они подчинялись бы вышеупомянутымъ законамъ. Разсмотримъ теперь ближе свойства молекулъ.

Максвель называетъ молекулой такую матеріальную частицу, которая движется, если разсматривать это движеніе по отношенію къ центру ея массы, какъ одно цѣлое. Кромѣ этого движенія всей молекулы, въ ней самой двигаются составляющія ее части. Если предположить, что этими частями являются атомы, составляющіе молекулы и представить себѣ движеніе каждаго атома въ видѣ движенія точки, то ему должна быть приписана способность перемѣщенія по тремъ направленіямъ и, слѣдовательно, число возможныхъ варіацій взаимнаго расположенія атомовъ въ каждой данной молекулѣ въ три раза больше, чѣмъ число атомовъ, ее составляющихъ.

Если теперь примемъ во вниманіе, что молекулы большинства органическихъ соеди-

неній состоятъ изъ нѣсколькихъ десятковъ, а въ болѣе сложно построенныхъ изъ нѣсколькихъ тысячъ атомовъ, то вы можете, Мм. Гг., себѣ представить, какое громадное должно быть разнообразіе въ конфигураціи молекулы.

Въ сложно построенныхъ молекулахъ въ родѣ эфировъ (жировъ), высшихъ углеводовъ, глюкозидовъ, бѣлковыхъ тѣлъ, въ которыхъ многія частицы взаимно соединены въ формѣ ангидридовъ, полисахаридовъ, поліуреидовъ и проч., кромѣ главнаго центра, должны быть еще центры второго, третьяго и т. д. порядка, играющіе важное значеніе въ опредѣленіи характера движеній, совершающихся въ этой сложной молекулѣ.

И, дѣйствительно, всѣ изслѣдованія въ области органической химіи за послѣднія 50 лѣтъ доказали и продолжаютъ доказывать, что характеръ молекулы опредѣляется взаимнымъ расположеніемъ ея атомовъ, resp. движеніемъ, этими атомами совершаемымъ. Соединеніе C съ O и H въ томъ видѣ, какъ оно находится въ карбоксильной группѣ, придаетъ молекулѣ свойство кислоты; структурный характеръ частицы опредѣляетъ, будетъ ли данное соединеніе спиртомъ, альдегидомъ, кетономъ или эфиромъ; въ случаѣ нахожденія еще N,—амидомъ, нитриломъ, аминомъ и проч. Каждому химику извѣстно, что если въ данной молекулѣ атомъ углерода соединенъ съ четырьмя разнородными атомами или атомными группами, то молекула будетъ оптически активна; такой углеродный атомъ ассиметриченъ. Повидимому, и магнитное состояніе обусловливается своеобразными движеніями атомовъ молекулы желѣза. Точно также каждому химику извѣстно, какую важную роль играетъ характеръ расположенія боковыхъ группъ, находятся ли онѣ въ o—m— или p—положеніи. Мы хорошо знаемъ изъ технической химіи, что если въ ароматическихъ тѣлахъ находятся двѣ боковыя группы въ o—положеніи и, кромѣ нихъ, еще одна группа некарбоксильнаго характера, то такія соединенія обладаютъ красящими свойствами—теорія такъ называемыхъ «beizenziehender Farbstoffe». Недавно В. Мейеръ доказалъ, что орто-соединенія труднѣе этерифицируются, чѣмъ мета- или пара-, а Э. Фишеръ, что амины, содержащіе двѣ смежныя алкильныя группы, можно превратить въ третичныя, но не въ четырехъ замѣщенныя амміачныя основанія. Я бы могъ привести еще цѣлый рядъ фактовъ, доказывающихъ, что взаимное расположеніе атомовъ въ молекулѣ опредѣляетъ тотъ или другой, ея характеръ. Теперь представьте, что въ сложныхъ молекулахъ, состоящихъ изъ 5—10 или большаго числа группъ второго, третьяго, четвертаго и т. д. порядковъ, могутъ имѣть мѣсто всѣ вышеупомянутыя конфигураціи. Мы знаемъ, напр., что въ бѣлкахъ, какъ тѣлахъ оптически активныхъ, должны находиться группы съ ассиметрическими атомами углерода, да, кромѣ того, изъ нихъ получены активные лейцины, тирозины и проч. Въ бѣлкѣ мы находимъ три ароматическія группы, а именно тирозина, фенилъ-аланина и скатолъ-уксусной кислоты. При разложеніи бѣлковъ получается цѣлый рядъ одно- и двуосновныхъ аминокислотъ, тѣла изъ группы діаминокислотъ, какъ-то лизинъ, гистидинъ, аргининъ и проч. Кромѣ того, нужно упомянуть, что многія изъ бѣлковыхъ тѣлъ содержатъ въ своей частицѣ также и углеводныя группы.

Теперь легко понять, что въ такой сложной частицѣ молекулярное движеніе ея разнородныхъ боковыхъ цѣпей по отношенію къ общему центру должно носить другой характеръ по сравненію съ болѣе простыми молекулами, содержащими лишь немного атомовъ. Такая сложная молекула не можетъ претерпѣвать всѣхъ тѣхъ физическихъ измѣненій, которыя наблюдаются въ болѣе простыхъ молекулахъ; мы не можемъ перевести бѣлки въ жидкое, тѣмъ болѣе въ газообразное состояніе. Съ другой стороны, такая сложная молекула обнаружитъ различное и разнообразное отношеніе къ вліянію химическихъ, термическихъ, электрическихъ и даже механическихъ на нее воздѣйствій.

Условія, необходимыя для существованія столь сложно построенныхъ молекулъ, будутъ все болѣе суживаться. Какъ я уже давно показалъ, бѣлки, а также сахаръ въ щелочной средѣ и при обыкновенной температурѣ поглощаютъ атмосферный кислородъ. Растворы

бѣлковъ, безъ измѣненія взаимнаго расположенія атомовъ въ своей частицѣ, не могутъ переносить температуры выше 50—60° С., а равно какъ дѣйствіе водныхъ растворовъ щелочей, кислотъ, солей тяжелыхъ металловъ, спирта и проч. Свертываніе бѣлка при нагрѣваніи несомнѣнно объясняется перегруппировкой атомовъ въ его молекулѣ. Быть-можетъ, даже въ нѣкоторыхъ бѣлкахъ свертываніе вызываетъ полимеризацію въ томъ видѣ, какъ это имѣетъ мѣсто при полимеризаціи ціановой кислоты въ ціануровую или альдегида въ паральдегидъ; хотя болѣе правдоподобно, что при свертываніи происходитъ перемѣна подвижныхъ боковыхъ группъ на болѣе устойчивыя безъ полимеризаціи всей частицы, подобно переходу болѣе подвижной молекулы гидро-азобензола въ болѣе стойкій бензидинъ

$$\begin{matrix} NH - C_6H_5 \\ | \\ NH - C_6H_5 \end{matrix} = \begin{matrix} C_6H_4 - NH_2 \\ | \\ C_6H_4 - NH_2 \end{matrix}$$

ціанамида въ карбодіимидъ

$$C \begin{matrix} \equiv N \\ \diagdown NH_2 \end{matrix} = C \begin{matrix} \diagup NH \\ \diagdown NH \end{matrix}$$

или ціанистаго аммонія въ мочевину

$$C \begin{matrix} \equiv N \\ \diagdown O.NH_4 \end{matrix} = CO \begin{matrix} \diagup NH_2 \\ \diagdown NH_2 \end{matrix}$$

Чѣмъ чувствительнѣе частица къ вліянію реактива, тѣмъ слабѣе ея потенціальная сила сцѣпленія, т.-е. тѣмъ слабѣе такъ называемое химическое сродство.

Въ жидкостяхъ и отдѣленіяхъ животнаго организма находятся растворенными такія именно тѣла-бѣлки; многіе изъ нихъ обладаютъ способностью расщеплять приходящія съ ними въ соприкосновеніе другія сложныя частицы на болѣе простыя; бѣлки съ такими свойствами носятъ названіе «гидролитическихъ энзимовъ». Нѣкоторыя изъ нихъ, въ присутствіи кислорода, обладаютъ способностью переносить послѣдній къ другимъ молекуламъ; такіе энзимы называются «оксидазами». Другія еще, встрѣчаемые главнымъ образомъ внутри живыхъ клѣтокъ, а не въ ихъ отдѣленіяхъ, несутъ еще болѣе сложныя отправленія. Такъ, недавно Бухнеръ, выпрессовывая сокъ изъ дрожжевыхъ клѣтокъ, получилъ богатую бѣлкомъ жидкость, которая въ 40% растворѣ сахара вызываетъ спиртовое броженіе, т.-е. превращаетъ сахаръ въ спиртъ и угольную кислоту. Кремеръ замѣтилъ, что тотъ же выпрессованный сокъ (Hefepresssaft) обладаетъ также способностью превращать сахаръ въ гликогенъ. Винеръ показалъ, что въ водномъ настоѣ бычачьей печеночной ткани образуется мочевая кислота, а настой почекъ разрушаетъ ее. Одни считаютъ, что эти явленія производятся подъ вліяніемъ дѣйствія специфическихъ энзимовъ, другіе видятъ въ этомъ проявленіи дѣйствіе еще живой растворенной протоплазмы. Точное разграниченіе этихъ воззрѣній представляется труднымъ. Быть-можетъ, дальнѣйшія изслѣдованія покажутъ намъ, что живая протоплазма является смѣсью различныхъ энзимовъ, или же что она единая молекула, способная къ проявленію различныхъ отправленій. Я обращаю вниманіе на этотъ фактъ весьма огромной важности: въ сокахъ, выжатыхъ изъ живыхъ клѣтокъ, осуществляются жизненные процессы, считавшіеся доселѣ исключительною, характеристическою чертою, присущею животному организму. Тутъ исчезаетъ граница между мертвымъ и живымъ. Колебанія натянутой струны, при малой частотѣ ихъ, воспринимаются только нашимъ глазомъ; при увеличеніи ихъ до 32 въ 1″ они производятъ на нашъ слухъ ощущеніе самаго низкаго тона; подобно этому, по моему мнѣнію, является чисто условнымъ, считать ли упомянутые выше процессы проявленіемъ дѣйствія энзимовъ или живой протоплазмы или живого бѣлка resp. жизни. Вы можете, Мм. Гг., представить себѣ, какая будущность предстоитъ изслѣдованіямъ

въ этомъ направленіи и какъ прискорбно для отдѣльной личности уходить съ поприща научнаго труда, видя такія важныя задачи, предстоящія будущему поколѣнію.

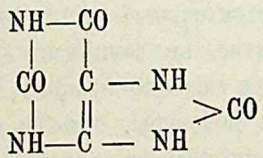
Но съ другой стороны, въ качествѣ трезваго изслѣдователя, я долженъ предостеречь отъ преждевременныхъ выводовъ и преимущественно отъ обобщеній. Въ наукахъ естественныхъ вообще, біологическихъ въ частности, никогда не слѣдуетъ на основаніи нѣсколькихъ наблюденныхъ фактовъ выводить общіе законы. Въ послѣднее время, когда цѣлый рядъ изслѣдователей работаетъ надъ энзимами, наблюдаются частыя злоупотребленія словомъ «энзимъ», «ферментъ». Насколько мы могли ближе ознакомиться съ энзимами, мы въ правѣ утверждать, что они принадлежатъ къ бѣлковымъ тѣламъ съ «лабильной» молекулой; но было бы преждевременно говорить, что всѣ энзимы—тѣла бѣлковыя. Кромѣ того, никому не удалось выдѣлить энзимы въ чистомъ видѣ подобно, напр., спирту, мочевинѣ, бензойной кислотѣ и проч. Чѣмъ больше мы стараемся очистить ихъ отъ такъ называемыхъ примѣсей, чѣмъ больше, повидимому, дѣлаются они очищенными, тѣмъ больше они теряютъ въ своей дѣятельности; это ведетъ къ предположенію, что эти такъ называемыя примѣси существенно необходимы для проявленія дѣятельности энзимовъ во всемъ объемѣ. Въ качествѣ примѣра приведу собственныя наблюденія надъ пепсиномъ: охлаждая желудочный сокъ собаки, добытый по методу проф. И. Павлова, мы получаемъ пепсинъ въ формѣ зеренъ, энергично перевариваюшихъ бѣлокъ въ присутствіи 0,1—0,5% соляной кислоты. Зерна главнымъ образомъ состоятъ изъ бѣлка, принадлежащаго къ группѣ нуклеопротеидовъ, но, кромѣ того, содержатъ еще соляную кислоту, фосфорнокислое желѣзо и лецитинъ; діализомъ можно настолько освободить желудочный сокъ отъ послѣднихъ примѣсей, что полученный высушенный бѣлковый остатокъ будетъ содержать только 0,2% HCl, 0,3% $(PO_4)_2$ Fe_3 и слѣды лецитина. Но оказывается, что такой препаратъ перевариваетъ слабѣе, чѣмъ зерна передъ освобожденіемъ ихъ отъ лецитина и фосфорнокислаго желѣза.

Необходимость присутствія нѣкоторыхъ, повидимому, чуждыхъ тѣлъ для проявленія специфической дѣятельности энзимовъ выясняетъ намъ ихъ аналогію съ живыми организмами. Въ каждой живой клѣткѣ встрѣчаются, кромѣ тѣлъ бѣлковыхъ, еще жиры, лецитинъ и другія органическія и неорганическія соединенія, точно также необходимыя для ея жизнедѣятельности. Помимо того, въ такихъ сложныхъ бѣлковыхъ частицахъ, какія встрѣчаются въ живыхъ клѣткахъ, весьма трудно опредѣлить, что является только механически примѣшаннымъ, а что дѣйствительною составною частью ихъ. Въ настоящее время большинство біологохимиковъ, вѣроятно, не сомнѣвается, что такъ называемая зола, т.-е. неорганическія тѣла, получаемыя при сжиганіи бѣлковъ, въ большинствѣ случаевъ является не примѣсью, а входитъ въ составъ молекулы, подобно водороду или азоту. Частицы многихъ тѣлъ, входящихъ въ составъ организмовъ, теряютъ нѣкоторые свои элементы уже при дѣйствіи дестиллированной воды, т.-е. при простомъ промываніи ею. Напримѣръ, геминъ теряетъ въ такомъ случаѣ хлоръ, а при болѣе продолжительномъ промываніи и желѣзо. Въ живыхъ организмахъ, главнымъ образомъ принадлежащихъ къ животному міру, мы на каждомъ шагу встрѣчаемъ соединенія, образующія такъ называемые «аддиціонные» продукты, какъ, напримѣръ, холаловая кислота со спиртомъ или феноломъ, геминъ со спиртомъ или кислотами. Недавно Бингъ напечаталъ работу, въ которой утверждаетъ, что раньше описанное Дрекселемъ сложное тѣло, названное имъ «іекориномъ», представляетъ собою аддиціонный продуктъ сахара и лецитина, а еще раньше Либерманъ изъ Пешта описалъ различныя подобнаго рода соединенія бѣлковъ съ лецитинами, такъ называемые «лецитальбумины». Поэтому, можетъ-быть, и въ пепсинѣ лецитинъ, соляная кислота и фосфорнокислое желѣзо находятся въ такомъ непрочномъ соединеніи съ бѣлкомъ, которое уже при дѣйствіи дестилированной воды распадается на свои составныя части.

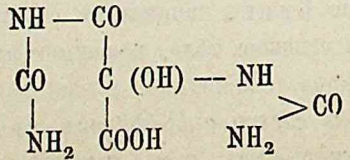
Отъ какой же атомной конфигураціи частицы зависитъ отличіе «лабильнаго» (живого)

бѣлка отъ мертваго? Въ настоящее время отвѣтить на это трудно; мы имѣемъ только гипотезы, основанныя на сравнительно небольшомъ числѣ фактовъ. Принимая во вниманіе сложность частицы протеиновыхъ тѣлъ и разнообразіе бѣлковъ, свойственныхъ не только для отдѣльныхъ организмовъ, но и для каждой живой клѣтки, нужно заранѣе сказать, что число этихъ конфигурацій должно быть весьма большимъ. Примѣромъ «лабильныхъ конфигурацій», лучше намъ извѣстныхъ, служатъ изъ органическихъ соединеній тѣла, принадлежащія къ группѣ ціана, альдегиды, кетоны, азины, перекиси, такъ называемыя ненасыщенныя соединенія и т. п. Пфлюгеръ предполагаетъ, что разница между живымъ и мертвымъ бѣлкомъ лежитъ въ ціановой группѣ. Левъ замѣтилъ при своихъ наблюденіяхъ надъ водорослями (Spirogyra, Orthospira, Nitida и т. д.), что живой бѣлокъ ихъ сильно редуцируетъ слабые щелочные растворы серебра—реакція, характерная для альдегидовъ—, а послѣ перехода въ мертвое состояніе, теряетъ эту способность, считаетъ альдегидную группу—характернымъ признакомъ живого бѣлка. При переходѣ бѣлка въ мертвое состояніе подъ вліяніемъ химическихъ, термическихъ, электрическихъ или механическихъ воздѣйствій, кислородъ мѣняетъ свое альдегидное положеніе относительно углерода, переходя въ болѣе «стабильную конфигурацію».—Многочисленныя и точныя работы Лева говорятъ за то, что въ живомъ бѣлкѣ спирогиръ альдегидная группа является если не единственнымъ, то во всякомъ случаѣ важнымъ факторомъ. Изслѣдованія въ этомъ направленіи представляютъ одну изъ наиболѣе важныхъ задачъ въ области будущей біологической химіи, такъ какъ проявленія жизни обусловливаются «лабильной» конфигураціей такихъ сложныхъ молекулъ и своеобразнымъ движеніемъ атомовъ въ этихъ молекулахъ. Представляется несомнѣннымъ фактомъ, что вода, кислородъ и незначительное повышеніе температуры являются главными факторами при переходѣ мертваго, или точнѣе говоря «инертнаго» бѣлка въ живое; это обнаруживается при переходѣ скрытой жизни (vie latente) въ явную (vie manifestée) не только въ сѣменахъ растеній, но и у низшихъ организмовъ въ родѣ инфузорій, коловратокъ (Rotifera, Tartigrada) или червей (Anguillula tritici). Наблюденія и изслѣдованія изъ этой области сопоставилъ Клодъ Бернаръ въ своей интересной монографіи «Leçons sur les phénomènes de la vie» стр. 65—124.

Насколько глубокія и какого характера измѣненія претерпѣваютъ органическія частицы при низкой относительно температурѣ, но при воздѣйствіи воздуха и воды, показываетъ раньше сдѣланное мною наблюденіе надъ мочевой кислотой.



Строеніе этого тѣла извѣстно, частица его, если можно такъ сказать, скучена. Тѣло это въ щелочномъ растворѣ при доступѣ воздуха, въ короткое время при температурѣ 37—40° С., присоединяя въ частицу воду и кислородъ, переходитъ въ уроксановую кислоту $C_5H_4N_4O_3 + 2H_2O + O = C_5H_8O_6N_4$. Строеніе этой кислоты, по всей вѣроятности, слѣдующее:



Быть-можетъ, что характеръ измѣненія бѣлковой частицы, поглощающей кислородъ воздуха при обыкновенной температурѣ въ щелочной средѣ, происходитъ подобнымъ же образомъ.

Интересно, могутъ ли такія «лабильныя» частицы бѣлка въ родѣ энзимовъ, токсаль-

буминовъ и антитоксиновъ сохраняться неопредѣленно долгое время безъ потери своихъ специфическихъ свойствъ? Немногочисленныя наблюденія въ этомъ направленіи отмѣчаютъ снова сходство между живыми организмами и «лабильнымъ» бѣлкомъ. Нѣкоторые энзимы, какъ химозинъ (Labferment) или трипсинъ, будучи высушены при низкой температурѣ, затѣмъ спустя цѣлые годы растворяются въ водѣ, осаждаютъ казеинъ resp. пептонизируютъ бѣлокъ. Въ этомъ сходство съ скрытой жизнью покоящихся сѣмянъ и инфузорій. Въ водныхъ же растворахъ при доступѣ свѣта и воздуха тѣла эти раньше или позже теряютъ свои специфическія свойства, въ ихъ «лабильной» молекулѣ происходитъ перемѣщеніе атомовъ въ болѣе «стабильную» конфигурацію; можно было бы сказать, что они умираютъ. Изъ пяти характерныхъ для каждаго живого организма чертъ: организаціи, питанія, развитія, размноженія и смерти, только эта послѣдняя, т.-е. уничтоженіе, была бы общимъ свойствомъ какъ для организованныхъ существъ, такъ и для растворимаго живого бѣлка.

Вотъ въ общихъ чертахъ главныя задачи біологической химіи. Въ настоящее время мы не можемъ даже мечтать о воспроизведеніи самаго простого одноклѣточнаго организма въ нашихъ лабораторіяхъ; но уже одно признаніе этого представляетъ прогрессъ, доказывая, что мы отдаемъ себѣ отчетъ въ затрудненіяхъ, стоящихъ намъ на пути. Теперешнія наши стремленія направлены главнымъ образомъ къ тому, чтобы получить искусственно такія «лабильныя» бѣлковыя тѣла, которыя обладали бы свойствами энзимовъ. И разрѣшеніе этой задачи представляется намъ только въ далекомъ будущемъ. Но трудно быть пророкомъ. Усиленная работа столь многихъ работниковъ всего ученаго міра на этомъ поприщѣ, быть-можетъ, я думаю, достигнетъ скорѣе этой цѣли. Прогрессъ біологіи зависитъ отъ прогресса другихъ опытныхъ наукъ, какъ физика, химія и морфологія. Главная задача біологической химіи состоитъ въ уясненіи явленій жизни, и задача эта легче всего осуществляется при изученіи одноклѣточныхъ организмовъ. Но задача не только въ этомъ. Уясненіе явленій жизни въ болѣе сложныхъ организмахъ точно также составляетъ нашу цѣль, это—область огромная, почти безграничная. Тутъ мы стремимся къ распознанію спеціальной функціи каждаго органа, къ уясненію, насколько клѣтки, составляющія данный органъ, зависятъ отъ цѣлаго организма и насколько имъ присуща индивидуальная независимость; какъ долго онѣ живутъ, какъ питаются и какъ размножаются? Изслѣдованія послѣднихъ лѣтъ, какъ, напримѣръ, надъ бѣлыми кровяными тѣльцами, доказали, что они являются во многихъ организмахъ независимыми образованіями, они вполнѣ самостоятельно поглощаютъ жиры, перевариваютъ бѣлокъ и крахмалъ; кромѣ того, оберегаютъ весь организмъ отъ чуждыхъ вредоносныхъ вліяній болѣзнетворныхъ организмовъ, переносятъ нерастворимыя вещества изъ одного органа въ другой; можно было бы сказать, что они выполняютъ въ организмѣ животнаго функціи почтовыя и охранно-полицейскія. Задачъ, ожидающихъ своего рѣшенія, безконечное количество, и отдѣльный изслѣдователь, проработавъ всю свою жизнь, не можетъ повторить словъ Сенеки: «si quis totam diem currens pervenit ad vesperum satis est», такъ какъ онъ видитъ, что одни поколѣнія за другими должны идти и работать и конца своихъ изслѣдованій не увидятъ. Но область нашихъ свѣдѣній будетъ дѣлаться все болѣе обширной и глубокой, и практическая польза, а особенно въ области медицины, все больше.

Герберт Спенсер

ДИНАМИЧЕСКІЙ ЭЛЕМЕНТЪ ВЪ ЖИЗНИ.

Перев. проф. Н. А. ХОЛОДКОВСКІЙ.

ДИНАМИЧЕСКІЙ ЭЛЕМЕНТЪ
ВЪ ЖИЗНИ.

Отъ редакціи.

Въ приложеніяхъ къ книгѣ Розенталя мы рѣшили дать между прочимъ нѣсколько статей, посвященныхъ вопросу о способѣ пониманія, истолкованія жизненныхъ процессовъ. Въ пониманіи того явленія, которое мы называемъ «жизнью», мы стоимъ передъ двумя вопросами: возможно ли истолковать всѣ явленія жизни тѣми причинами явленій (т. наз. «силами» или формами энергіи), которыя мы принимаемъ для истолкованія явленій неорганизованнаго (неживого) міра; или этихъ причинъ недостаточно, и для истолкованія всей совокупности жизненныхъ явленій необходимо допущеніе нѣкоторой особенной, спеціальной причины («силы»), которая не участвуетъ въ явленіяхъ неорганизованнаго міра, а проявляется только въ явленіяхъ жизни (отсюда старинное названіе жизненной силы). Первое воззрѣніе на природу называется обыкновенно механистическимъ, второе—виталистическимъ. Во второй половинѣ 19-го вѣка механистическое воззрѣніе, послѣ необыкновенныхъ успѣховъ физіологіи, примѣнившее въ изученіи жизненныхъ явленій въ организмѣ методы физико-химическаго изслѣдованія, сдѣлалось господствующимъ въ наукѣ, а на ученіе о витализмѣ и ученіе о жизненной силѣ стали смотрѣть какъ на старое, забытое суевѣріе. Но съ восьмидесятыхъ годовъ наступила реакція, и со многихъ сторонъ одновременно стали выражаться сомнѣнія въ томъ, чтобы жизненный процессъ опредѣлялся исключительно обѣими извѣстными въ неорганизованномъ мірѣ причинами (силами) и не имѣлъ бы своей собственной, спеціальной причины, руководящей послѣдовательностью и сочетаніемъ его явленій (хотя причина эта, можетъ-быть, и не есть особая «форма энергіи»).

Чтобы ввести читателя въ этотъ кругъ идей, мы даемъ здѣсь статьи представителей различныхъ современныхъ взглядовъ на природу жизни.

Прилагаемая статья Спенсера—это одна глава изъ новаго изданія его «Основъ біологіи» и представляетъ значительный интересъ для показанія перемѣнъ взглядовъ маститаго автора на этотъ предметъ. Первое изданіе «Основъ біологіи» (Principles of Biology) вышло въ 1864 г.; въ немъ нѣсколько главъ перваго тома (гл. IV, V, VI) посвящены опредѣленію самого понятія о жизни, и дано то, часто цитируемое опредѣленіе, по которому «жизнь есть опредѣленное сочетаніе разнородныхъ измѣненій, одновременныхъ и послѣдовательныхъ, соотвѣтственно съ внѣшними существованіями и послѣдовательностями»; въ основѣ этого опредѣленія лежитъ слѣдов. понятіе о приспособленіи: «жизнь есть непрерывное приспособленіе внутреннихъ отношеній къ внѣшнимъ отношеніямъ».

Новое изданіе I-го тома «Основъ біологіи» вышло въ 1898 г.; въ немъ къ перечисленнымъ главамъ прибавлена новая глава VIa, «Динамическій элементъ въ жизни», переводъ которой мы и предлагаемъ. За тѣ тридцать лѣтъ слишкомъ, которыя протекли между 1 и 2 изданіями «Основъ біологіи», всѣ отрасли наукъ сдѣлали громадные успѣхи; нельзя было ожидать отъ болѣе чѣмъ 70-тилѣтняго старца (Г. Спенсеръ родился въ 1820 г.), чтобы онъ былъ въ состояніи переработать свою книгу соотвѣтственно всему новому научному матеріалу. Мы говоримъ это для того, чтобы предупредить читателей, что фактическій матеріалъ, которымъ пользуется Спенсеръ въ своей аргументаціи, не безупреченъ и даже не всегда точенъ. Но въ высокой степени характерна перемѣна во взглядахъ на свойства живой матеріи у человѣка, который съ бо́льшимъ правомъ, чѣмъ Дарвинъ, можетъ считаться отцомъ эволюціонной доктрины въ ея примѣненіи къ біологіи.

ДИНАМИЧЕСКІЙ ЭЛЕМЕНТЪ ВЪ ЖИЗНИ.

Критическое сопоставленіе данной нами формулы опредѣленія жизни (какъ опредѣленной комбинаціи разнородныхъ измѣненій, одновременныхъ и послѣдовательныхъ, въ соотвѣтствіи съ внѣшними сосуществованіями и послѣдовательностями) съ фактами — показываетъ, что формула эта недостаточна въ нѣсколькихъ отношеніяхъ. Бросимъ прежде всего взглядъ на тѣ жизненныя явленія, которыя не подходятъ подъ эту формулу.

Нѣкоторое раздражающее дѣйствіе, произведенное яйцекладомъ насѣкомаго, обусловливаетъ образованіе на растеніи болѣзненнаго нароста — галла. Процессы, происходящіе въ галлѣ, не находятся въ соотвѣтствіи съ какими-либо внѣшними сосуществованіями или послѣдовательностями, важными для жизни растенія, и не обнаруживаютъ никакихъ внутреннихъ отношеній, приспособленныхъ къ внѣшнимъ отношеніямъ. И однакоже мы не можемъ отрицать жизненную природу галла. То же самое мы видимъ въ раковыхъ опухоляхъ животнаго тѣла. Дѣйствія, происходящія въ нихъ, не имѣютъ ни прямого, ни косвеннаго отношенія къ дѣйствіямъ окружающей среды. Тѣмъ не менѣе, мы должны признать эти дѣйствія жизненными, такъ какъ опухоль растетъ и черезъ извѣстное время умираетъ и разлагается.

Подобные же поучительные примѣры встрѣтимъ мы, если отъ патологическихъ фактовъ обратимся къ физіологическимъ. Функціи нѣкоторыхъ важныхъ органовъ могутъ продолжаться нѣкоторое время отдѣльно отъ функцій тѣла, какъ цѣлаго. Вырѣзанная печень при подходящей температурѣ и при достаточномъ снабженіи кровью выдѣляетъ желчь. Еще болѣе поразительна независимая работа сердца. Вынутое изъ тѣла сердце холоднокровнаго животнаго, напр. лягушки, продолжаетъ биться до тѣхъ поръ, пока наружные слои его не высохнутъ настолько, что при надавливаніи они хрустятъ. При такихъ условіяхъ, конечно, сокращенія сердца, составляющія обыкновенно существенную часть въ связи тѣхъ процессовъ, которые поддерживаютъ соотношеніе между внѣшними и внутренними дѣйствіями, уже не входятъ въ составъ этихъ процессовъ; тѣмъ не менѣе, мы должны признать, что продолженіе ихъ внѣ тѣла заключаетъ въ себѣ жизнедѣятельность.

Измѣненія формъ зародыша вынуждаютъ насъ къ признанію той же истины. Что скажемъ мы о повторныхъ клѣточныхъ дѣленіяхъ, посредствомъ которыхъ у однихъ животныхъ образуется бластула или морула, а у другихъ бластодерма особаго строенія? Ни самые эти процессы, ни тѣ образованія, которыя получаются въ результатѣ ихъ, не показываютъ никакого соотвѣтствія съ сосуществованіями и послѣдовательностями въ окружающей средѣ,—и однако это, вѣдь, первые шаги къ достиженію той организаціи, которая служитъ для такого соотвѣтствія. Столь же мало оправдывается наше опредѣленіе жизни для рудиментарныхъ органовъ, въ особенности для тѣхъ изъ нихъ, которые, отчасти развившись, затѣмъ всасываются. Нельзя доказать никакой связи между внутренними отношеніями этихъ органовъ и какими-либо внѣшними отношеніями: эти внѣшнія отношенія

должны были прекратиться за милліоны лѣтъ тому назадъ. И все-таки несомнѣнно, что тѣ измѣненія, которыя обусловливаютъ появленіе и исчезновеніе этихъ ничтожныхъ органовъ,— суть измѣненія жизненныя.

Возьмемъ еще исключенія совсѣмъ иного рода. Что скажемъ мы о смѣхѣ? Въ немъ нельзя усмотрѣть никакого соотвѣтствія, ни полнаго, ни частичнаго, посредствомъ котораго внутреннія дѣйствія приходили бы въ равновѣсіе съ внѣшними. Или вотъ, напр., мастеровой во время работы насвистываетъ что-то: произведеніе звуковъ и контролирующая ихъ координація мыслей никоимъ образомъ не обнаруживаетъ приспособленія извѣстныхъ мысленныхъ отношеній къ извѣстнымъ отношеніямъ вещей. Такія формы жизненной дѣятельности лежатъ совершенно внѣ даннаго нами опредѣленія.

Но, быть-можетъ, самое ясное и простое доказательство даетъ намъ контрастъ между произвольными и непроизвольными мышечными дѣйствіями. Вотъ передъ нами ястребъ, приноравливающій свои измѣнчивыя движенія къ измѣнчивымъ движеніямъ голубя, чтобы, наконецъ, схватить его: здѣсь ясно выступаетъ приспособленіе внутреннихъ отношеній къ внѣшнимъ. А вотъ ребенокъ въ припадкѣ падучей болѣзни: между его судорогами съ одной стороны и сосуществованіями или послѣдовательностями въ окружающемъ мірѣ нѣтъ никакого соотвѣтствія. Однако его движенія столько же доказываютъ жизненность, какъ и движенія ястреба: тѣ и другія обнаруживаютъ тотъ принципъ *активности*, который составляетъ существенный элементъ въ нашемъ представленіи о жизни.

Итакъ, очевидно, что, давая свое опредѣленіе, мы обратили вниманіе на *форму* нашего представленія о жизни и оставили въ сторонѣ *сущность* его. Первая достаточно выражается нашимъ только отчасти удовлетворительнымъ опредѣленіемъ, а для второй— оно совершенно не годится. Жизнь обнаруживается нѣкоторыми способами, подходящими подъ это опредѣленіе, но она обнаруживается и разными другими способами. Такимъ образомъ намъ приходится допустить, что элементъ, присущій обѣимъ этимъ группамъ способовъ, есть существенный элементъ; а этотъ существенный элементъ есть особый родъ энергіи, находимый одинаково какъ въ обычныхъ сортахъ жизненныхъ дѣйствій, такъ и въ несовсѣмъ обычныхъ случаяхъ, приведенныхъ выше для примѣра.

Чтобы выразить этотъ контрастъ другими словами, мы можемъ сказать, что мы достаточно обратили вниманіе на связь между проявленіями, но не обратили вниманіе на то, что́ проявляется. Если мы говоримъ, что «жизнь есть опредѣленная комбинація разнородныхъ измѣненій, одновременныхъ и послѣдовательныхъ, въ соотвѣтствіи съ внѣшними сосуществованіями и послѣдовательностями»,—то возникаетъ вопросъ: измѣненій *чего же* именно? Внутри тѣла происходятъ многія измѣненія, — механическія, химическія, термическія,—но ни одно изъ нихъ не представляетъ собою тѣхъ именно измѣненій, о которыхъ идетъ рѣчь; если мы мысленно комбинируемъ сколько угодно этихъ измѣненій, такъ, чтобы каждое изъ нихъ сохранило свой механическій, химическій или термическій характеръ,— то мы не извлечемъ изъ нихъ понятія о жизни. Еще яснѣе увидимъ мы эту недостаточность, если возьмемъ болѣе отвлеченное опредѣленіе жизни: «непрерывное приспособленіе внутреннихъ отношеній къ внѣшнимъ». Тутъ можно спросить, объ отношеніяхъ между какими вещами идетъ рѣчь? Отношеніе, термины котораго не опредѣлены, не заключаетъ въ себѣ мысли, но лишь пустую форму мысли: достоинство его можно уподобить чеку, на которомъ не обозначено никакой стоимости. Если скажутъ, что термины не могли быть опредѣлены потому, что въ нихъ пришлось бы включить слишкомъ много разнородныхъ вещей, — то можно ожидать отвѣта, что подъ видомъ невозможности опредѣлить столь обширные термины скрывается невозможность какимъ бы то ни было способомъ постигнуть искомые термины.

Такимъ образомъ критическое испытаніе нашего опредѣленія приводитъ насъ другимъ путемъ къ тому же заключенію, къ которому мы пришли выше,—т.-е. что сущность на-

шего представленія о жизни состоитъ въ допущеніи нѣкотораго неопредѣленнаго принципа активности. Динамическій элементъ жизни есть ея существенный элементъ.

Въ какой же формѣ мы должны представлять себѣ этотъ динамическій элементъ? Есть ли этотъ принципъ активности нѣчто присущее организованному веществу, или составляетъ нѣкоторую прибавку къ нему? Начнемъ со второго изъ этихъ двухъ предположеній.

Какъ я уже замѣтилъ въ другомъ мѣстѣ, при оцѣнкѣ какой-либо гипотезы не мѣшаетъ принимать во вниманіе ея происхожденіе, и съ этой точки зрѣнія гипотеза независимаго жизненнаго принципа имѣетъ плохую рекомендацію: ея исторія возвращаетъ насъ къ сверхъ-естественнымъ представленіямъ дикихъ племенъ. Внушаемая тѣмъ, что мы испытываемъ въ сновидѣніяхъ, возникаетъ вѣра въ двойника,—во второе *я*, которое покидаетъ тѣло во время его сна и испытываетъ разныя приключенія, но возвращается въ тѣло при пробужденіи; оно покидаетъ тѣло на время ненормальной безчувственности того или другого рода и отсутствуетъ въ теченіе долгаго періода смерти, хотя даже и въ этомъ случаѣ ожидается, что оно когда-нибудь вернется. Это внутреннее другое *я*, которое можетъ произвольно покидать тѣло, по нѣкоторымъ представленіямъ, способно входить въ тѣло другихъ людей или животныхъ; отсюда, далѣе, выводится предположеніе, что мѣсто этого *я* можетъ быть занимаемо вторгающимися двойниками другихъ людей, живыхъ или мертвыхъ, которые причиняютъ разные припадки или другія бѣдствія. Развиваясь такимъ образомъ, понятіе это измѣняется въ своихъ свойствахъ. Первоначально являясь въ видѣ чего-то матеріальнаго, оно постепенно пріобрѣтаетъ не-матеріальный характеръ и позднѣе это второе *я* разсматривается какъ духъ или дыханіе; и мы видимъ, что въ древнихъ религіозныхъ книгахъ «испусканіе духа» изображается въ видѣ маленькой фигуры, улетающей изъ рта умирающаго человѣка. Это второе внутреннее *я*, все болѣе и болѣе представляемое, какъ реальное *я*, пользующееся тѣломъ для своихъ цѣлей, съ развитіемъ разума все болѣе и болѣе теряло опредѣленность своихъ свойствъ; въ средніе вѣка его начали называть «жизненною силою» и, наконецъ, въ новѣйшее время зовутъ жизненнымъ принципомъ.

Лишенное всякихъ опредѣленныхъ аттрибутовъ, это Нѣчто является въ умѣ нашемъ не какъ идея, но какъ псевдо-идея. Допускается, что его можно себѣ представить, тогда какъ на самомъ дѣлѣ оно невообразимо. Стоитъ только потребовать яснаго отвѣта на нѣкоторые вопросы, чтобы увидѣть, что это только имя для чего-то будто бы существующаго, но не постигнутаго и непостижимаго. Вотъ эти вопросы.

1. Одинъ ли жизненный принципъ существуетъ для организмовъ всѣхъ родовъ, или особый для каждаго рода? Утверждать первое—значитъ говорить, что существуетъ одинаковый жизненный принципъ для микроба и кита, для солитера и обитаемаго имъ животнаго, для протококка и дуба; даже больше: это значитъ утверждать тождество жизненнаго принципа въ мыслящемъ человѣкѣ и немыслящемъ растеніи. Кромѣ того, утверждая единство жизненнаго принципа для всѣхъ организмовъ, мы сводимъ его на степень силы, имѣющей такой же лишенный индивидуальности характеръ, какъ какая-либо изъ физическихъ силъ. Если же, напротивъ, разные виды организмовъ имѣютъ разные виды жизненныхъ принциповъ, то эти виды принциповъ должны различаться чѣмъ-либо одинъ отъ другого. Какъ же они могутъ различаться? Очевидно, по своимъ аттрибутамъ. Различаются ли они по своей обширности? Очевидно, потому что иначе то, что даетъ жизненность громадному дереву Sequoja, должно быть не больше того, что составляетъ жизнь дрожжевого грибка, и количество жизненнаго принципа, поддерживающаго жизнь слона, должно не превосходить количества жизненнаго принципа микроскопической монады. Различаются ли они еще чѣмъ-нибудь кромѣ количества? Разумѣется, потому что иначе мы возвратимся къ первой альтернативѣ, которая требуетъ одинаковаго качества жизненнаго принципа для всѣхъ организмовъ, простыхъ и сложныхъ: тогда жизненный принципъ представлялъ бы собою одно-

родную силу, въ родѣ теплоты или электричества. Отсюда слѣдуетъ, что мы должны допустить существованіе отдѣльнаго жизненнаго принципа для каждаго вида животныхъ или растеній,—принципа, приспособленнаго къ пользованію особымъ аппаратомъ органовъ, въ которыхъ онъ содержится. Но кто рѣшится утверждать существованіе такого множества жизненныхъ принциповъ, соотвѣтствующихъ не только всѣмъ существующимъ, но и всѣмъ вымершимъ животнымъ и растеніямъ, и доходящимъ числомъ въ совокупности до нѣсколькихъ милліоновъ?

2. Какъ должны мы понимать генезисъ жизненнаго принципа, который долженъ соотвѣтствовать генезису организма? Вотъ передъ нами зернышко цвѣточной пыльцы, посылающее сквозь пестикъ свое ядро на соединеніе съ ядромъ яичка; или вотъ ядра живчика и яйца, которыя, слившись, даютъ начало новому животному. Въ обоихъ случаяхъ отсутствіе такого соединенія ведетъ къ разложенію бѣлковыхъ веществъ, а соединеніе приводитъ къ развитію. Откуда происходитъ жизненный принципъ, которымъ опредѣляется организующій процессъ? Былъ ли онъ созданъ сызнова для каждаго животнаго и растенія, а если нѣтъ,—то гдѣ и какъ онъ существовалъ ранѣе? Возьмемъ болѣе простую форму этой задачи. Какое-нибудь простѣйшее растеніе или животное, достигнувъ извѣстнаго роста, подвергается ряду сложныхъ измѣненій, заканчивающихся дѣленіемъ его. Въ своемъ нераздѣленномъ состояніи оно обладало однимъ жизненнымъ принципомъ. Что происходитъ при его дѣленіи? Обѣ части уплываютъ въ разныя стороны; каждая изъ нихъ вполнѣ жизненна, каждая готова расти и вскорѣ раздѣлиться, и такъ далѣе, и такъ далѣе, такъ что вскорѣ образуются милліоны. Слѣдовательно, жизненные принципы размножаются вмѣстѣ съ размноженіемъ одушевляемыхъ ими простѣйшихъ существъ: жизненный принципъ самъ дѣлится и растетъ. Но ростъ предполагаетъ воплощеніе чего-либо. Въ чемъ же воплощается жизненный принципъ? Есть ли это какой-либо другой, внѣшній по отношенію къ нему, жизненный принципъ, или же это — нѣкоторые матеріалы, насчетъ которыхъ образуется новое количество жизненнаго принципа? И во всякомъ случаѣ: какъ иначе представить себѣ жизненный принципъ, если не въ видѣ чего-то матеріальнаго, которое въ своемъ ростѣ и размноженіи обнаруживаетъ то же, что обнаруживаетъ видимая матерія?

3. Равнымъ образомъ невозможно отвѣтить на вопросъ, который возникаетъ при видѣ скрытой (латентной) жизни. Если оставить въ сторонѣ разсказы о пшеницѣ, найденной вмѣстѣ съ муміями, такъ какъ солидность этихъ разсказовъ отвергается, то все-таки доказано экспериментальнымъ путемъ, что сѣмена могутъ при условіяхъ, неблагопріятныхъ для прорастанія, удерживать на 10, 20, иногда даже 30 лѣтъ способность прорасти, какъ только будетъ доставлена извѣстная влажность и теплота. Въ какомъ же видѣ существуетъ жизненный принципъ во время этихъ долгихъ промежутковъ? Вѣдь это принципъ активности. Въ нашемъ случаѣ, слѣдовательно, принципъ активности перестаетъ быть активнымъ. Какъ же можемъ мы представить себѣ неактивную активность? Если же это нѣчто такое, которое, будучи неактивнымъ, можетъ вновь сдѣлаться активнымъ при благопріятныхъ условіяхъ,—то мы приходимъ къ представленію о жизненномъ принципѣ, жизненность котораго можетъ сдѣлаться скрытою,—а это абсурдно. Что скажемъ мы о высушенной коловраткѣ, которая въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ казалась лишь частичкою пыли, и вдругъ, при прибавленіи воды, всасываетъ ее, разбухаетъ и возобновляетъ рѣсничныя движенія, съ помощью которыхъ она добываетъ пищу? Удалялся ли куда-либо жизненный принципъ въ теченіе этихъ лѣтъ полнаго покоя, и если удалялся, то какимъ образомъ возвратился онъ въ надлежащій моментъ? Или, можетъ-быть, онъ присутствовалъ въ коловраткѣ все это время, но былъ въ сонномъ состояніи? Но въ такомъ случаѣ какъ же удалось ему проснуться какъ разъ въ то время, когда прибавленіе воды сдѣлало ткани способными снова воспріять свои функціи? Какъ удалось физическому дѣятелю подѣйствовать не только на матеріальную субстанцію коловратки, но также и на это Нѣчто, которое

не есть матеріальная субстанція, но лишь нематеріальный источникъ активности? Очевидно, ни одна изъ нашихъ двухъ альтернативъ не мыслима.

Такимъ образомъ предполагаемый жизненный принципъ существуетъ въ умахъ тѣхъ, кто допускаетъ его, не въ качествѣ идеи, а лишь въ видѣ словесной формы; ибо въ этомъ случаѣ нѣтъ возможности составить въ нашемъ сознаніи термины, необходимые для построенія идеи. Это даже не «вымыселъ воображенія», потому что для такого вымысла необходимо нѣчто вообразимое, а предполагаемый жизненный принципъ даже невообразимъ.

Если, отбросивъ только-что разсмотрѣнную альтернативу, мы пожелаемъ смотрѣть на жизнь, какъ на нѣчто присущее веществамъ организмовъ, обнаруживающихъ жизненность,— то мы встрѣтимся съ трудностями иного рода, но едва ли меньшей степени. Процессы, которые совершаются въ живыхъ существахъ, не могутъ быть поняты, какъ результаты какихъ-либо извѣстныхъ намъ физическихъ дѣйствій.

Разсмотримъ одинъ изъ простѣйшихъ такихъ процессовъ, представляемый обыкновенною растительною клѣткою, составляющею часть листа или другого органа растенія. Ея оболочка, принимающая первоначально многогранную форму отъ давленія прилежащихъ клѣтокъ, постепенно «отливается въ форму цилиндра, волокна или пластинки и укрѣпляетъ свои стѣнки столбиками, рамками, ребрышками, крючками, полосками и вставками разнаго рода» (Керперъ); при этомъ или остаются небольшія отверстія, ведущія въ сосѣднія клѣтки, или же они образуются впослѣдствіи. Эти образованія, состоящія изъ безазотистыхъ, пассивныхъ веществъ, созидаются заключеннымъ въ клѣточкѣ протопластомъ. Какъ же они созидаются? Дѣйствіемъ ли ядра? Но ядро, — если бы даже оно имѣло понятныя намъ свойства, дѣлающія его способнымъ къ этой функціи,—не имѣетъ постояннаго положенія, и нельзя себѣ представить, чтобы оно производило одинаковое вліяніе на клѣточныя стѣнки, одинаково, помѣщается ли оно въ центрѣ клѣтки, въ концѣ ея или гдѣ-нибудь сбоку. Не протоплазма ли, въ такомъ случаѣ, является дѣйствующимъ агентомъ? Но протоплазма расположена въ видѣ сѣти тяжей и нитей, чрезвычайно неправильно распредѣленныхъ и постоянно измѣняющихся въ своей формѣ и связи. Нельзя представить себѣ, чтобы эта протоплазма производила соотвѣтственныя направительныя дѣйствія.

Возьмемъ другой примѣръ: разсмотримъ измѣненія, происходящія при размноженіи спирогиры. Тонкія нити этой низшей водоросли, состоящія изъ одного ряда удлиненныхъ клѣтокъ, соединенныхъ концами, тамъ и сямъ прилегаютъ одна къ другой; отъ клѣтки одной нити къ клѣткѣ другой нити, находящейся на соотвѣтственномъ разстояніи, выростаютъ выступы, которые, встрѣтясь въ промежуткѣ между нитями и слившись черезъ раствореніе соприкасающихся частей оболочки, даютъ возможность эндохрому одной клѣтки перейти въ другую и сліяніемъ ихъ образовать зиготу, т.-е. клѣтку, служащую для размноженія. Подъ какимъ же вліяніемъ начинается и происходитъ это дѣйствіе? Ни въ одной изъ клѣтокъ нѣтъ никакого понятнаго для насъ направляющаго агента, посредствомъ котораго при подходящихъ условіяхъ образуется выступъ, и притомъ такъ, что онъ долженъ встрѣтиться съ противолежащимъ выступомъ.

Или, напр., разсмотримъ еще болѣе чудесныя превращенія, наблюдаемыя у Hydrodictyon utriculosum. Колбасовидныя клѣтки этой водоросли, соединенныя между собою въ видѣ сѣти изъ цилиндрическихъ нитей, содержатъ въ себѣ, при своемъ полномъ развитіи, постѣнный хроматофоръ, состоящій изъ протоплазмы съ ядрами и хлорофилльными зернами. Когда клѣтка достигаетъ зрѣлости, хроматофоръ раздѣляется на множество зооспоръ, которыя вскорѣ соединяются концами такъ, что образуютъ сѣть, обыкновенно съ шестиугольными петлями, очень мелкими, но похожими по своему расположенію на ту сѣть, часть которой составляетъ ихъ материнская клѣтка. Выходя затѣмъ изъ материнской клѣтки, эта сѣточка растетъ и вскорѣ достигаетъ размѣровъ материнской сѣти. Какія же силы заставляютъ эти зооспоры располагаться въ видѣ такого удивительнаго образованія?

Подобныя же неразрѣшимыя задачи представляютъ намъ животные организмы всѣхъ степеней развитія. Примѣромъ микроскопическихъ формъ могутъ служить коккосферы и рабдосферы, находимыя въ верхнихъ слояхъ морской воды. Каждое изъ этихъ образованій представляетъ собою комочекъ протоплазмы, менѣе, чѣмъ 0,001 дюйма въ діаметрѣ, покрытый сложною оболочкою, которую выработала эта протоплазмою. Эллиптическіе кокколиты, иногда имѣющіе опредѣленную скульптуру, соединяются такъ, что образуютъ покровъ, какъ бы изъ черепицъ; а у рабдосферъ покровъ этотъ состоитъ изъ многочисленныхъ трубкообразныхъ выростовъ, расходящихся лучами во всѣ стороны. Если мы спросимъ, какимъ образомъ эта частичка зернистой протоплазмы, лишенная органовъ или какой-либо опредѣленной структуры, создастъ для себя это сложное известковое вооруженіе,—то на вопросъ этотъ мы не получимъ опредѣленнаго отвѣта.

Подобно этимъ простѣйшимъ животнымъ (Protozoa), также и низшія Metazoa совершаютъ такія вещи, которыя намъ совершенно непонятны. Такъ, напр., губка состоитъ изъ разнаго рода монадъ, не имѣющихъ между собою никакой передаточной связи, въ родѣ той, какая обусловливаетъ кооперацію частей въ высшихъ организмахъ: это биченосныя клѣтки, производящія сквозные токи воды, плоскія клѣтки, образующія покровныя оболочки, и амёбовидныя клѣтки, лежащія свободно въ студенистой мезодермѣ. Эти послѣдніе, не имѣющія никакой явственной взаимной связи, не только строятъ роговую сѣть, составляющую главную массу обитаемой ими среды, но и заключаютъ въ себѣ иглы, имѣющія замѣчательно симметричныя формы. Комбинаціею какихъ вліяній производятся эти необходимые для губки процессы,—этого мы не можемъ себѣ представить.

Если мы обратимся къ высшимъ типамъ изъ Metazoa, у которыхъ дѣйствіемъ нервной системы достигается различная кооперація частей, причемъ способы этой кооперації намъ по крайней мѣрѣ поверхностно понятны,—то мы все-таки встрѣчаемся съ различными дѣйствіями, причины которыхъ мы мысленно не можемъ вообразить. Нуждаясь въ извести, курица клюетъ и глотаетъ кусочки разбитой яичной скорлупы, а иногда случается видѣть, что стельная корова жуетъ найденную ею кость, очевидно, соскабливая зубами часть ея известковой массы. Эти явленія имѣютъ отношеніе къ конституціональнымъ потребностямъ,—но чѣмъ они внушаются? Что порождаетъ въ коровѣ желаніе грызть вещество, столь несродное ея обычному корму? Если намъ скажутъ, что кровь ея обѣднѣла извѣстными известковыми солями и отсюда происходитъ аппетитъ къ вещамъ, содержащимъ эти соли, то остается еще вопросъ: какъ же этотъ недостатокъ вліяетъ на нервную систему именно въ томъ направленіи, что онъ порождаетъ это смутное желаніе и производитъ движенія, удовлетворяющія его? Какъ бы мы ни старались, мы не можемъ представить себѣ искомыхъ процессовъ.

Говоря короче, мы должны признать, что жизнь въ ея сущности не можетъ быть понята въ физико-химическихъ терминахъ. Искомый принципъ активности, который оказался недоступнымъ нашему представленію въ качествѣ независимаго жизненнаго принципа, оказывается невообразимымъ также и въ видѣ принципа, присущаго живой матеріи и связаннаго съ нею. Если, допустивъ, что онъ связанъ съ живою матеріею, мы сочтемъ факты объясненными, то мы лишь будемъ обманывать себя псевдо-идеями.

Что же должны мы сказать, что слѣдуетъ намъ думать? Попросту надо сознаться, что въ этомъ направленіи, какъ и во всѣхъ другихъ, наши объясненія въ концѣ концовъ ставятъ насъ лицомъ къ лицу съ необъяснимымъ. Конечная реальность, скрывающаяся за даннымъ проявленіемъ, какъ и за всѣми проявленіями, превосходитъ наше пониманіе. Стоитъ только разсмотрѣть, какъ непонятны въ своей конечной природѣ даже простыя формы существованія, чтобы увидѣть, что жизнь,—эта наиболѣе сложная форма существованія,—вдвойнѣ непостижима. Дѣйствія, совершающіяся въ томъ, что невѣжда презрительно называетъ грубою матеріею, въ концѣ концовъ также непостижимы для насъ въ

своемъ генезисѣ. Паденіе камня должно было бы служить предметомъ удивленія, если бы обыкновенность этого явленія не ослѣпляла насъ. Ни Ньютонъ, ни кто-либо другой со временъ Ньютона до нашихъ дней не могъ понять, какимъ образомъ молекулы камня испытываютъ вліяніе не только молекулъ сосѣднихъ частей земли, но и молекулъ тѣхъ ея частей, которыя отстоятъ отъ камня на 8000 миль и иногда обнаруживаютъ свое дѣйствіе, не встрѣчая помѣхи со стороны промежуточныхъ молекулъ; еще менѣе поддается объясненію тотъ способъ, посредствомъ котораго каждая молекула солнца, отстоящаго отъ земли на 92 милліона миль, играетъ роль въ управленіи движеніями земли. Что происходитъ въ пространствѣ между магнитомъ и кускомъ притягиваемаго имъ желѣза, или какимъ образомъ стальная игла, послѣ повторнаго проведенія по ней магнита, какъ-то измѣнивъ, повидимому, свое молекулярное состояніе, становится сама магнитомъ и, будучи подвѣшена, удерживаетъ свои полюсы въ опредѣленномъ направленіи,—этого мы не знаемъ. Еще менѣе можемъ мы понять физическій процессъ, посредствомъ котораго правильные ряды электрическихъ ударовъ, посылаемые по телеграфной проволокѣ, могутъ возбудить соотвѣтствующіе ряды ударовъ въ другой проволокѣ, находящейся на разстояніи многихъ миль.

Обратимся къ другому ряду случаевъ. Разсмотримъ дѣйствіе поверхности стекла, въ которую ударяетъ токъ отъ катода и которая вслѣдствіе этого производитъ особый сортъ лучей, способныхъ проходить черезъ твердыя вещества, непроницаемыя для свѣта. Или разсмотримъ присущую урану и другимъ металламъ способность испускать лучи, невидимые для нашего глаза въ качествѣ свѣтовыхъ лучей, но могущіе въ средѣ, кажущейся намъ абсолютно темною, пройдя черезъ камеру, давать фотографическія изображенія. Довольно замѣчательны также нѣкоторые виды вліянія одного сорта вещества на другой. Вотъ, напр., кусокъ золота, который, послѣ прибавленія къ нему $^1/_{500}$ массы висмута, дѣлается въ 28 разъ менѣе растяжимымъ, чѣмъ онъ былъ; а вотъ кусокъ латуни, которая вообще отличается тягучестью и ковкостью, но при прибавленіи 0,0001 части сурьмы теряетъ эти свойства. Еще болѣе замѣчательны свойства нѣкоторыхъ лекарствъ. Одна сотая грана нитроглицерина составляетъ достаточную дозу. Если мы примемъ средній вѣсъ человѣка въ 150 фунтовъ, то оказывается, что его тѣло замѣтно измѣняетъ свое состояніе подъ вліяніемъ $\frac{1}{115000000}$ (по вѣсу) части этого азотистаго соединенія.

Въ виду такихъ силъ, замѣчаемыхъ въ веществахъ простого рода, мы поймемъ, до какой степени невозможно хотя бы только вообразить себѣ процессы, совершающіеся въ организованной матеріи, въ которой обнаруживается динамическій элементъ жизни.

Такъ какъ жизненность не присуща спеціально какому-либо одному виду бѣлковыхъ веществъ, то, кажется, приходится допустить, что молекула протоплазмы содержитъ много молекулъ бѣлковыхъ веществъ, вѣроятно въ различныхъ изомерныхъ состояніяхъ, которыя всѣ способны къ быстрымъ измѣненіямъ, а потому обусловливаютъ большое непостоянство образуемаго ими аггрегата. Какъ мы уже показали въ другомъ мѣстѣ, бѣлковая молекула содержитъ болѣе 200 эквивалентовъ отдѣльныхъ такъ-называемыхъ элементовъ. Каждая изъ этихъ не разложенныхъ до сихъ поръ частицъ, какъ въ новѣйшее время признаютъ химики, почти навѣрное состоитъ изъ нѣсколькихъ сортовъ составныхъ частей. Отсюда можно вывести, что бѣлковая молекула содержитъ тысячи единицъ, разные виды которыхъ имѣютъ разныя количества неуловимо быстрыхъ колебаній, причемъ каждая единица, воспринимая и испуская эѳирныя волны, по-своему вліяетъ на другія единицы того же вида, содержащіяся въ ея собственной и въ сосѣднихъ молекулахъ; такимъ образомъ частица огромной сложности проявляетъ громадную сложность дѣйствій. Эта матеріальная и динамическая сложность бѣлковой молекулы должна достигать еще большей сложности въ протоплазмѣ, взятой какъ цѣлое. Въ этомъ случаѣ, какъ и вездѣ, передъ нами возникаетъ

невозможность обнять это мыслью. Мы видимъ невозможность помыслить, что жизнь внесена въ это цѣлое протоплазмы извнѣ; и въ то же время мы видимъ невозможность понять жизнь, какъ нѣчто, проистекающее изъ кооперацiи ея составныхъ частей.

Итакъ, признавъ, что жизнь, какъ принципъ активности, не познана и не можетъ быть познана (такъ какъ, хотя феномены ея доступны мышленiю, но соотвѣтствующiэ имъ нумены ему недоступны), — что только внѣшнiя обнаруженiя ея входятъ въ объемъ нашего пониманiя, а то, что обнаруживается, лежитъ внѣ его,—мы можемъ теперь резюмировать заключенiя, къ которымъ мы до сихъ поръ пришли. Наше поверхностное знанiе останется все-таки солиднымъ въ своемъ родѣ знанiемъ, если мы признаемъ истину, что оно есть именно только поверхностное знанiе.

Дѣло въ томъ, что заключенiя, которыхъ мы только-что достигли, и опредѣленiе, проистекающее изъ нихъ, касаются лишь порядка, существующаго въ дѣйствiяхъ, проявляемыхъ живыми существами; а порядокъ этотъ остается одинъ и тотъ же, все равно, знаемъ ли мы природу того, отъ чего происходятъ эти дѣйствiя, или не знаемъ ея. Какъ мы видимъ, отличительная черта жизни состоитъ въ томъ, что измѣненiя ея обнаруживаютъ соотвѣтствiе съ сосуществованiями и послѣдовательностями въ окружающей средѣ; и это остается отличительною чертою жизни, хотя бы сама измѣняющаяся вещь оставалась недоступною изслѣдованiю. Наше положенiе, что постоянное приспособленiе внутреннихъ отношенiй къ внѣшнимъ составляетъ жизнь въ томъ видѣ, какъ мы ее можемъ познавать,—не ослабляется признанiемъ, что реальность, которой присущи эти отношенiя, непознаваема.

Т. Бунге,

Профессоръ въ Базелѣ.

ИДЕАЛИЗМЪ и МЕХАНИЗМЪ.

Перев. І. Г. КУНИЦКАГО,

ассистента біологической станціи академіи наукъ въ Севастополѣ.

Библиотека
Василия Адольфовича
Д ра НЕЙМИТЦ
№ _____

ИДЕАЛИЗМЪ и МЕХАНИЗМЪ *).

Въ тысячѣ физіологическихъ работъ, во вступленіи къ каждому учебнику физіологіи мы читаемъ, что физіологическое изслѣдованіе преслѣдуетъ только одну задачу: свести жизненныя явленія на физическія и химическія, т.-е. въ концѣ концовъ на механическіе законы. Если еще теперь находится физіологъ, прибѣгающій для объясненія жизненныхъ явленій, какъ это нѣкогда дѣлали виталисты, къ признанію особой «жизненной силы», то это называютъ лѣностью, умственнымъ безсиліемъ.

Къ этому воззрѣнію я могу присоединиться только въ извѣстномъ смыслѣ, именно настолько, насколько однимъ словомъ ничего не объясняется. Съ этой точки зрѣнія и я смотрю на жизненную силу, какъ на тихое убѣжище, гдѣ, по выраженію Канта, «умъ убаюкивается на ложѣ темныхъ качествъ».

Но когда противники витализма утверждаютъ, что въ живыхъ существахъ во всякомъ случаѣ нѣтъ никакихъ другихъ дѣятельныхъ факторовъ, кромѣ тѣхъ силъ и веществъ, которыя принимались до сихъ поръ для объясненія безжизненной природы, то это ученіе я долженъ оспаривать. Что мы въ живыхъ существахъ ничего другого не познаемъ, зависитъ очевидно только отъ нашей ограниченности; просто отъ того, что для наблюденія живой и не живой природы мы пользуемся одними и тѣми же органами чувствъ, не воспринимающими ничего другого, кромѣ ограниченнаго круга явленій движенія. То, что по волокнамъ зрительнаго нерва достигаетъ мозга и воспринимается нашимъ сознаніемъ, какъ свѣтъ и цвѣтъ, — есть движеніе; то, что при посредствѣ слуховыхъ нервовъ ощущается нашимъ сознаніемъ, какъ звукъ,—есть движеніе. Движенія и только движенія вызываютъ всѣ ощущенія обонянія, вкуса, температуры и осязанія. Такъ, по крайней мѣрѣ, учитъ физика; это гипотезы, оказавшіяся до сихъ поръ самыми плодотворными.

Ожидать, чтобы мы могли тѣми же самыми чувствами открыть когда-либо въ живой природѣ что-либо иное, чѣмъ въ неодушевленной,—было бы во всякомъ случаѣ умственнымъ безсиліемъ.

Но для наблюденія живой природы мы обладаемъ однимъ чувствомъ больше: это внутреннее чувство для наблюденія состоянія и процессовъ собственнаго сознанія; чтобы и они въ основѣ своей были только процессами движенія, это такое ученіе, которое я долженъ оспаривать. Противъ него говоритъ уже то простое обстоятельство, что состоянія и процессы нашего сознанія далеко не всѣ расположены пространственно. Въ пространствѣ

*) Настоящая статья представляетъ собою первую главу учебника: G. von Bunge Lehrbuch der Physiologie des Menschen, 1901. По редакціи своей она почти не отличается отъ рѣчи Бунге, вышедшей отдѣльнымъ изданіемъ и подъ нѣсколько измѣненнымъ заглавіемъ въ 1886 году: G. Bunge, Vitalismus und Mechanismus. *Ред.*

расположено только то, что входитъ въ наше сознаніе черезъ ворота зрѣнія, осязанія и «мускульнаго чувства» *).

Всѣ остальныя чувственныя воспріятія, чувства, аффекты, побужденія и необозримый рядъ представленій — никогда не группируются въ пространствѣ, а только во времени. О механизмѣ, слѣдовательно, не можетъ быть и рѣчи. Можно было бы возразить противъ этого, что это только такъ кажется, а что на самомъ дѣлѣ это все расположено въ пространствѣ. Но такое возраженіе не основательно. Для допущенія того, чтобы объекты нашего чувственнаго воспріятія группировались во внѣшнемъ мірѣ пространственно, мы не имѣемъ другого основанія, какъ то, что въ такомъ видѣ они являются намъ, пока мы наблюдаемъ ихъ посредствомъ осязанія и зрѣнія. Для совокупности міра внутренняго чувства отпадаетъ даже этотъ призрачный доводъ. Для принятія такого предположенія нѣтъ никакого основанія.

Глубокое, непосредственное проникновеніе въ область нашего внутренняго существа показываетъ намъ нѣчто совсѣмъ другое: показываетъ различнаго рода качества, не расположенныя пространственно, показываетъ явленія, не имѣющія въ себѣ ничего механическаго.

Противники витализма, приверженцы механистическаго воззрѣнія на жизнь утверждаютъ обыкновенно, что чѣмъ дальше идетъ впередъ физіологія, тѣмъ болѣе удается свести къ физическимъ и химическимъ законамъ такія явленія, которыя прежде должны были приписывать мистической жизненной силѣ. Это, слѣдовательно, является только вопросомъ времени. Въ концѣ концовъ должно удасться добыть доказательство тому, что весь процессъ жизненныхъ явленій есть сложный процессъ движенія, подвластный единственно только силамъ мертвой природы.

Мнѣ однако кажется, что исторія физіологіи учитъ совершенно противоположному. Я утверждаю: наоборотъ, чѣмъ подробнѣе, многостороннѣе, основательнѣе стремимся мы изслѣдовать жизненныя явленія, тѣмъ болѣе приходимъ къ убѣжденію, что процессы, въ возможность объясненія которыхъ съ физической и химической точки зрѣнія мы уже были увѣрены, являются по природѣ своей гораздо болѣе запутанными и не допускаютъ пока никакого механическаго объясненія.

Мы думали, напр., что явленія поглощенія, всасыванія пищи въ кишечникъ можно свести къ законамъ диффузіи и эндосмоса. Но теперь мы знаемъ, что отношеніе стѣнокъ кишечника во время всасыванія иное, чѣмъ у мертвыхъ оболочекъ. Мы знаемъ, что стѣнка кишечника одѣта эпителіальными клѣтками и что каждая клѣтка сама по себѣ есть организмъ, живое существо съ функціями, въ высшей степени сложными; мы знамъ, что путемъ активныхъ сокращеній своего плазматическаго тѣла эта клѣтка принимаетъ пищу точно такимъ же загадочнымъ образомъ, какой мы наблюдаемъ у свободно живущихъ одноклѣточныхъ животныхъ—амебъ, корненожекъ. У холоднокровныхъ животныхъ въ эпителіи кишечника наблюдалось, какъ клѣтки выпускали отростки—псевдоподіи отъ своего голаго сократимаго тѣла, какъ эти отростки захватывали жировыя капельки пищи, препровождали ихъ въ протоплазму и далѣе—къ началу лимфатическихъ путей **). Пока эти активныя функціи клѣтокъ были неизвѣстны, оставалось непонятнымъ то обстоятельство, что капельки жира

---

*) Представленія о пространствѣ, связанныя съ чувствомъ зрѣнія и осязанія, обусловливаются, можетъ-быть, только сложнымъ мускульнымъ аппаратомъ, принимающимъ участіе во всѣхъ функціяхъ органовъ зрѣнія и осязанія. Это же относится и къ такъ назыв. «общимъ чувствамъ». Чувствующія волокна мускульныхъ нервовъ являются, можетъ-быть, единственными, функціи которыхъ приводятъ къ представленію о пространствѣ. Этотъ взглядъ былъ высказанъ впервые I. Стейнбухомъ (Joh. Steinbuch, Beiträge zur Physiologie der Sinne. Nürnberg. Schrag, 1811), оспаривался I. Мюллеромъ (Joh. Müller, Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes. Leipzig, 1826, S. 52) на неосновательныхъ, какъ мнѣ кажется, данныхъ. I. Мюллеръ былъ сторонникомъ ученія Канта о пространствѣ, которое мнѣ также кажется неосновательнымъ.

**) Сводка литературы по этому предмету вмѣстѣ съ собственными изслѣдованіями дана

проникаютъ сквозь стѣнку кишечника въ лимфатическіе пути, но не проникаютъ чрезвычайно мелкозернистые пигменты, вводимые въ кишечникъ. Теперь мы знаемъ, что эта способность—выборъ при принятіи пищи—годное принимать, негодное или вредное отбрасывать, свойственна всѣмъ одноклѣточнымъ организмамъ. Пусть мнѣ будетъ позволено коснуться ближе интересныхъ въ этомъ отношеніи наблюденій Ценковскаго *), произведенныхъ на одной изъ амебъ—Vampyrella.

Vampyrella Spirogyrae является микроскопически малой, окрашенной въ розовый цвѣтъ голой клѣткой. Ценковскій не могъ найти въ ней ядра; мелкія же зернышки въ протоплазмѣ являются, можетъ-быть, только остатками пищи. Эта микроскопически малая капля протоплазмы отыскиваетъ между различными водорослями совершенно опредѣленный видъ—спирогиру, а всякой иной пищей пренебрегаетъ. Пока не попалась спирогира, вампрелла можно видѣть ползающей по зеленымъ водорослямъ—конфервамъ—при помощи псевдоподій. Когда же это случилось, она садится на целлюлезную оболочку одной изъ клѣтокъ спирогиры и, растворивъ ее въ мѣстѣ прикосновенія, высасываетъ содержимое клѣтки, послѣ этого перекочевываетъ на другую ближайшую и т. д. Никогда Ценковскій не видѣлъ, чтобы Vampyrella нападала на другую водоросль или принимала въ пищу какія-либо иныя вещества. Вошеріями, эдогоніями, которыя онъ подкладывалъ, Vampyrella всегда пренебрегала. Другой представитель монадъ по наблюденіямъ Ценковскаго—Colpodella pugnax—питается исключительно водорослями Chlamydomonas; она «пробуравливаетъ Chlamydomonas, сосетъ выступающій хлорофиллъ и затѣмъ удаляется». «Поведеніе этихъ монадъ», говоритъ Ценковскій, «при отыскиваніи и принятіи пищи настолько замѣчательно, что кажется, будто предъ глазами имѣешь поступки одареннаго сознаніемъ существа».

Если способность выбора пищи свойственна самымъ простымъ клѣткамъ, безформеннымъ, безструктурнымъ каплямъ протоплазмы—то почему ей не быть и у эпителіальныхъ клѣтокъ нашего кишечника. Какъ Vampyrella между всѣми водными растеніями отыскиваетъ спирогиру, такъ и эпителіальныя клѣтки нашего кишечника отличаютъ жировыя капли отъ зеренъ пигмента. Намъ извѣстно, что эпителіальныя клѣтки кишечника никогда не пропускаютъ цѣлаго ряда ядовъ, хотя послѣдніе легко растворимы въ кишечномъ и желудочномъ соку. Мы знаемъ даже, что при инъекціи этихъ ядовъ непосредственно въ кровь они, наоборотъ, выдѣляются стѣнками кишечника.

Мы увѣрены были также въ возможности свести функцію железъ, процессы выдѣленія къ законамъ эндосмоса. Теперь же мы знаемъ, что и здѣсь эпителіальныя клѣтки играютъ активную роль; и здѣсь имѣется та же удивительная способность—способность выбора: извѣстныя вещества принимать изъ крови, другія—нѣтъ; подвергать принятыя вещества преобразованію посредствомъ синтеза и расщепленія, изъ образовавшихся продуктовъ извѣстныя и вполнѣ опредѣленныя проводить къ началу выводныхъ протоковъ, а другіе обратно въ лимфатическіе и кровяные пути. Клѣтки эпителія молочной железы выбираютъ изъ совершенно отличной по составу крови неорганическія соли именно въ такомъ отношеніи, въ какомъ въ нихъ нуждается дѣтеныш, для своего роста и развитія. Къ законамъ диффузіи и эндосмоза этихъ явленій пока нельзя свести.

Такія же загадочныя способности, какими обладаютъ эпителіальныя клѣтки кишечника и железъ, присущи всѣмъ клѣткамъ нашихъ тканей. Вспомнимъ развитіе нашего орга-

---

Р. Видерсгеймомъ (Wiedersheim) въ «Festschrift der 56 Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte, gewidmet von der naturforschenden Gesellschaft im Freiburg i B.». Freiburg und Tübingen, 1883; далѣе Г. Т. Еймеръ (Eimer), Biolog. Centralbl. Bd. 4, № 19, стр. 580, 1884, и Гейденгейнъ (Heidenhain), Pfluger's Archiv. Bd. 43, Supplementheft, 1888.

*) L. Cienkowski. Beiträge zur Kenntniss der Monaden. Arch. f. mik. Anat. Bd. I, стр. 203, 1865.

низма: изъ одной единственной клѣтки путемъ повторныхъ дѣленій происходятъ всѣ элементы тканей, дифференцирующихся по принципу раздѣленія труда, по мѣрѣ того, какъ число клѣтокъ отъ дѣленія увеличивается. Каждая клѣтка получаетъ способность извѣстныя вещества выдѣлять, другія всасывать и откладывать къ себѣ и такимъ образомъ пріобрѣтать составъ, необходимый для исполненія ея физіологическихъ функцій. О химическомъ объясненіи этихъ явленій предварительно нечего и думать.

Какъ въ физіологіи обмѣна веществъ, такъ и въ остальныхъ отдѣлахъ физіологіи одинаково мало удалось свести какое-либо жизненное явленіе на физическіе и химическіе законы.

Намъ казалось возможнымъ свести къ законамъ электричества функціи мускуловъ и нервовъ; теперь же должно признаться, что значеніе электрическихъ процессовъ для какой-либо изъ жизненныхъ функцій, до сихъ поръ доказано только по отношенію къ нѣкоторымъ рыбамъ и что отъ объясненія въ настоящее время мускульныхъ и нервныхъ функцій процессами электрическими мы стоимъ повидимому болѣе далеко, чѣмъ раньше.

Вы, можетъ-быть, вспомните физіологію чувствъ. Это вѣдь наиболѣе точная область; здѣсь мы все-таки имѣемъ физическія объясненія. Правда, глазъ есть физическій снарядъ, снарядъ оптическій—камера обскура. Изображеніе на задней поверхности глаза получается на основаніи тѣхъ же незыблемыхъ законовъ преломленія, какъ и изображеніе на фотографической пластинкѣ. Но здѣсь вовсе нѣтъ жизненнаго явленія. Глазъ при этомъ является абсолютно пассивнымъ; изображеніе на сѣтчаткѣ получается вѣдь и на вырѣзанномъ, мертвомъ глазу. Развитіе глаза есть жизненное явленіе. Какъ происходитъ этотъ сложный оптическій аппаратъ? Почему соединяются клѣтки одна съ другой для образованія этой удивительной постройки? Вотъ великая загадка, для разрѣшенія которой до сихъ поръ не сдѣлано ни одного шага. Послѣдовательный ходъ стадій развитія поддается описанію и наблюденію, но почему, но причинная связь—объ этомъ мы ровно ничего не знаемъ. Процессы аккоммодаціи глаза представляютъ жизненное явленіе. Здѣсь опять мы имѣемъ мускульныя и нервныя функціи, опять старыя, неразрѣшимыя загадки. Сказанное относится и къ остальнымъ органамъ чувствъ. Физическому объясненію поддаются только процессы, при посредствѣ которыхъ соотвѣтственные органы совершенно пассивно приводятся въ движеніе движеніями, проникающими въ нихъ извнѣ.

То же относится ко всѣмъ остальнымъ главамъ физіологіи. Мы вѣримъ въ возможность свести явленія циркуляціи крови къ законамъ гидростатики и гидродинамики. Кровь слѣдуетъ законамъ гидростатики. Это такъ! Но кровь при движеніи остается абсолютно пассивной. И еще никому не удалось дать физическое объясненіе активнымъ функціямъ сердца и мышечныхъ стѣнокъ сосудовъ. Процессы дыхательнаго газоваго обмѣна пробуютъ свести къ законамъ аэродинамики, поглощенія и диффузіи. Это вѣроятно удастся. Но и здѣсь дѣло вовсе не идетъ о жизненномъ явленіи. Разъ раздувальный мѣхъ находится въ движеніи, газъ устремляется туда и обратно по непреложнымъ законамъ динамики. Но какъ произошелъ раздувальный мѣхъ? Какъ онъ сохраняется? Какъ приводится въ движеніе? Газы при процессахъ движенія остаются абсолютно пассивными. Я утверждаю: всѣ процессы нашего организма, поддающіеся механическому объясненію, настолько же мало представляютъ собою жизненныя явленія, какъ и движеніе листьевъ и вѣтвей дерева, колеблемаго вѣтромъ, или движеніе цвѣточной пыли, переносимой вѣтромъ съ мужскихъ особей тополя на женскія. Въ послѣднемъ случаѣ мы имѣемъ дѣло съ явленіемъ движенія, необходимымъ для жизненнаго процесса; но тѣмъ не менѣе никто не считаетъ его жизненнымъ явленіемъ по той простой причинѣ, что цвѣточная пыль при движеніи остается абсолютно пассивной. Является ли причиной движенія живая сила движущагося воздуха или солнечный свѣтъ, который производитъ воздушныя теченія, или же химическая энергія, въ которую преобразовывается солнечный свѣтъ,—все это по существу не мѣняетъ дѣла.

Въ активности, вотъ гдѣ кроется загадка жизни *). Понятіе же объ активности мы почерпнули не изъ чувственныхъ воспріятій, но изъ самонаблюденія. Почерпнутое изъ собственнаго сознанія мы переносимъ на объекты нашихъ чувственныхъ воспріятій, на органы, на элементы тканей, на каждую маленькую клѣтку. Это первый опытъ психологическаго объясненія всѣхъ жизненныхъ явленій.

Если повидимому съ помощью одной физики и химіи мы не въ состояніи объяснить жизненныхъ явленій, является еще вопросъ, чего можемъ ожидать мы отъ остальныхъ вспомогательныхъ областей физіологіи, чего можемъ ждать отъ морфологическихъ дисциплинъ, анатоміи и гистологіи.

Я утверждаю, что и онѣ не подвинутъ насъ покамѣстъ ближе къ рѣшенію этой загадки. Ибо, когда съ помощью микроскопа и скальпеля мы разлагаемъ организмы на послѣдніе элементы, когда предъ нами находятся наконецъ простѣйшія клѣтки,—величайшая загадка остается еще впереди. Простѣйшая клѣтка, безформенная, безструктурная, микроскопически малая капля протоплазмы все же обнаруживаетъ всѣ существенныя жизненныя функціи: питаніе, ростъ, размноженіе, движеніе, чувствительность — даже такія функціи, которыя по меньшей мѣрѣ замѣщаютъ собою «чувствилище» (sensorium), душевную жизнь высшихъ животныхъ. Я еще разъ напомню наблюденія надъ Vampyrella и позволю себѣ ближе коснуться тѣхъ замѣчательныхъ явленій, которыя Энгельманъ наблюдалъ у Arcell'ъ **).

Arcella—это также одноклѣточныя существа нѣсколько болѣе сложныя, чѣмъ Vampyrella, такъ какъ имѣютъ раковину выпукло-вогнутой формы. Посреднѣ вогнутой стороны раковины находится отверстіе, изъ котораго выступаютъ псевдоподіи, видимыя на краю раковины, какъ прозрачные выступы. Если перенести каплю воды съ Arcell'ями подъ микроскопъ, то часто случается, что одна изъ Arcell'ъ ложится, такъ сказать, на спину, т.-е. на выпуклую сторону; выступающія на краю раковины псевдоподіи не имѣютъ тогда точки опоры. Въ этомъ случаѣ можно видѣть, что на одной сторонѣ, вблизи края раковины, появляются пузырьки газа. Удѣльный вѣсъ этой стороны дѣлается меньше, она приподымается; животное становится на противолежащій острый край; теперь ему удается прицѣпиться псевдоподіями къ поверхности и перевернуться, тогда уже всѣ псевдоподіи, находящіяся на краю, будутъ касаться поверхности; пузырьки газа послѣ этого всасываются, и животное ползетъ дальше. Если каплю съ Arcell'ями перенести на нижнюю поверхность покровнаго стеклышка влажной камеры, то сперва, повинуясь закону тяжести, они собираются на нижней поверхности капли. Не находя здѣсь точки опоры, онѣ начинаютъ развивать большіе пузырьки газа, вслѣдствіе этого удѣльный вѣсъ цѣлаго животнаго становится легче удѣльнаго вѣса воды, и животное всплываетъ наверхъ. Если при этомъ оно оказывается въ такомъ положеніи, что не можетъ прикрѣпиться псевдоподіями, то пузырьки газа на одной сторонѣ тѣла уменьшаются или увеличиваются, иногда на одной уменьшаются, а на другой въ то же время увеличиваются; это происходитъ до тѣхъ поръ, пока животное не коснется поверхности стекла краемъ раковины и не перевернется. Какъ только это достигнуто, пузырьки газа исчезаютъ; теперь животное получаетъ возможность ползти по поверхности стекла. Если осторожнымъ прикосновеніемъ тонкой иглы оторвать животное

---

*) Активность и жизнь являются, можетъ-быть, двумя словами для выраженія одного понятія, или вѣрнѣе двумя словами, съ которыми у насъ не связано никакого яснаго представленія. И все-таки мы принуждены постоянно имѣть дѣло съ этими неясными понятіями. Это точка, гдѣ соприкасаются труднѣйшія проблемы, на которыхъ потерпѣли крушеніе всѣ мыслители.

**) Th. W. Engelmann. Beiträge zur Physiologie des Protoplasmas. Pflüger's Archiv Bd. II, стр. 307. 1869. Срав. также Bd. 25, стр. 288, прим. 1, 1881; Bd. 26, стр. 544, 1881; Bd. 30, стр 96 и 97, 1883, и Max Verworn, Pflüger's Archiv. Bd. 53, стр. 140, 1893.

отъ стекла, то оно опять падаетъ къ нижней поверхности капли, опять развиваетъ новые пузырьки газа, всплываетъ наверхъ и т. д. Всѣ попытки привести ихъ въ неудобное положеніе приводятъ къ тому, что животное всегда сумѣетъ при помощи образующихся пузырьковъ газа соотвѣтственной величины и на соотвѣтственномъ мѣстѣ вернуться къ положенію, удобному для передвиженія. Лишь только это достигнуто, пузырьки всегда исчезаютъ. «Нельзя отрицать», говоритъ Энгельманъ, «что эти обстоятельства указываютъ на психическіе процессы въ протоплазмѣ».

Справедливъ или нѣтъ выводъ Энгельмана, я не осмѣливаюсь этого рѣшить. Я даже безусловно допускаю возможность, что когда-либо эти явленія будутъ объяснены чисто механически. Факты эти я привелъ для того, чтобы показать, съ какими запутанными жизненными явленіями мы имѣемъ дѣло еще тамъ, гдѣ микроскопическое изслѣдованіе стоитъ у границы и какъ мало удается до сихъ поръ объяснить механически какое-либо жизненное явленіе. Вѣдь процессы въ каждой клѣткѣ нашего тѣла по крайней мѣрѣ настолько же запутаны, какъ и въ этихъ одноклѣточныхъ существахъ. Каждая изъ безчисленнаго множества микроскопически малыхъ клѣтокъ, составляющихъ намъ сложный организмъ—есть удивительная постройка, микрокосмъ, цѣлый міръ самъ по себѣ.

Извѣстенъ фактъ, что при посредствѣ сѣмяннаго тѣльца (сперматозоида), этой маленькой клѣтки, пятьсотъ милліоновъ которыхъ едва занимаетъ пространство въ одну кубическую линію, унаслѣдуются отъ отца сыномъ всѣ тѣлесныя и духовныя особенности, даже минуя сына, опять черезъ малую клѣтку особенности эти передаются внуку. Если это дѣйствительно чисто механическій процессъ — то какъ безконечно удивительно должно быть строеніе атомовъ, какъ безконечно запутанна игра силъ, какъ безконечно сложны должны быть разнообразныя движенія въ этой маленькой клѣткѣ, черезъ поколѣнія сообщающія направленіе всѣмъ позднѣйшимъ движеніямъ и развитію. И какъ наконецъ это маленькое сооруженіе является носителемъ душевныхъ явленій? Физика, химія и анатомія оставляютъ насъ здѣсь совершенно безпомощными.

Многія тысячелѣтія пройдутъ еще вѣроятно надъ поколѣніями людского рода, не одно чело мыслителя покроется морщинами, не одни желѣзныя рабочія силы ослабнутъ прежде, чѣмъ только первый шагъ будетъ сдѣланъ къ разрѣшенію этой загадки. Но возможно также, что и сразу, съ одного удара прольется свѣтъ на этотъ мракъ. Вы не поняли бы меня, если бы истолковали мои объясненія въ томъ смыслѣ, что я признаю заранѣе непреодолимые предѣлы для науки. Нѣтъ! Наука не ставитъ сама себѣ преградъ. Наука будетъ ставить все болѣе смѣлые вопросы и находить все болѣе вѣрные отвѣты. Ничто не можетъ остановить ея побѣднаго шествія. Не можетъ этого сдѣлать даже ограниченность нашихъ умственныхъ способностей, такъ какъ и онѣ способны къ усовершенствованію. Идущее впередъ развитіе и усовершенствованіе, двигающія органическую жизнь нашей планеты, съ появленіемъ нашего рода не достигли еще своего завершенія, — нѣтъ ни малѣйшаго основанія такъ думать. Было время когда единственными чувствующими существами на нашей планетѣ были безсмысленно плавающія въ первичномъ морѣ инфузоріи, придетъ время, когда владычество на землѣ перейдетъ къ роду, настолько превосходящему насъ умственно, насколько мы превосходимъ инфузорій, которыя въ качествѣ первыхъ обитателей населяли первичное море земли. Развитіе же науки неограниченно.

Мы безусловно должны допустить возможность, что тѣ препятствія и трудности, которыя теперь какъ высокія горы громоздятся передъ физіологическимъ изслѣдованіемъ, въ концѣ концовъ могутъ быть преодолѣны. Въ данный моментъ однако нельзя себѣ и представить, какъ можемъ мы сдѣлать существенный шагъ впередъ съ помощью одной только физики, химіи и анатоміи. Въ мельчайшей клѣткѣ лежатъ уже передъ нами всѣ загадки жизни, а въ изслѣдованіи мельчайшей клѣтки съ тѣми вспомогательными средствами, которыя имѣются въ настоящее время, мы находимся уже у предѣла.

Но вспомогательныя средства мы можемъ усовершенствовать. Мы можемъ улучшить микроскопъ. Въ клѣткѣ, которая сегодня кажется безструктурной, обнаружить структуру. Клѣтка, кажущаяся безъядерной, съ примѣненіемъ новыхъ методовъ окраски обнаружитъ ядро. Ядро тоже не является уже безструктурнымъ; оно обнаруживаетъ настолько сложное строеніе, что простое наблюденіе и описаніе его скоро потребуютъ всей рабочей силы многихъ изслѣдователей! Но—сложное строеніе вовсе не есть объясненіе. Это—новая загадка: какъ произошло это сложное строеніе. Поможетъ ли знаніе этого строенія пониманію даже такихъ простыхъ процессовъ, какіе мы наблюдаемъ у Vamprell'a и Arcell'a? Способно ли оно разрѣшить величайшую загадку изъ всѣхъ загадокъ — загадку наслѣдственности—наслѣдственности при посредствѣ малой клѣтки. И если уже съ маленькой клѣткой такъ обстоитъ дѣло, то что же съ нашимъ сложнымъ организмомъ!

И тѣмъ не менѣе физіологическое изслѣдованіе должно начинаться съ самаго сложнаго организма, съ человѣческаго. Это оправдывается, помимо чисто практическихъ требованій медицины, слѣдующими соображеніями, приводящими насъ обратно къ исходной точкѣ нашихъ разсужденій.

Начало физіологическаго изслѣдованія съ самаго сложнаго организма—человѣческаго—оправдывается тѣмъ, что онъ является единственнымъ, при изслѣдованіи котораго мы руководимся не только нашими чувствами, но одновременно проникаемъ въ самую сокровенную сущность еще съ другой стороны—посредствомъ самонаблюденія, внутренняго чувства, и такимъ образомъ подаемъ руку проникающей извнѣ физикѣ. «Какъ въ рудникѣ, гдѣ рабочіе съ различныхъ сторонъ прокладываютъ галлереи, пока наконецъ черезъ каменную стѣну одинъ слышитъ удары молота другого» *).

Плодотворность этого метода, при которомъ къ рѣшенію загадки подходятъ съ двухъ сторонъ, ясно понялъ нашъ великій ученый Іоганнесъ Мюллеръ **); открытый имъ этимъ путемъ законъ о «специфической энергіи чувствъ» есть безъ сомнѣнія величайшее пріобрѣтеніе, какъ физіологіи, такъ и психологіи, точная основа всякой идеалистической философіи.

Я разумѣю простой законъ, что одно и то же раздраженіе, одинъ и тотъ же процессъ внѣшняго міра, одна и та же «вещь въ себѣ» (Ding an sich), вліяя на нервы различныхъ органовъ чувствъ, вызываетъ всегда различныя ощущенія и что различныя раздраженія, вліяя на одинъ и тотъ же нервъ, вызываютъ одно и то же ощущеніе, что слѣдовательно процессы внѣшняго міра не имѣютъ ничего общаго съ нашими ощущеніями и представленіями, что внѣшній міръ есть для насъ книга за семью печатями, что единственное непосредственно доступное для нашего наблюденія и познанія представляютъ состоянія и процессы нашего собственнаго сознанія.

Эта простая истина есть величайшее и глубочайшее, до чего додумалось человѣчество. И эта простая истина ведетъ насъ къ полному пониманію того, что составляетъ сущность витализма. Сущность витализма заключается не въ томъ, что мы довольствуемся словомъ и отказываемся мыслить. Сущность витализма—правильнѣе идеализма — состоитъ въ томъ, что мы беремъ единственно вѣрный путь къ знанію, что мы исходимъ отъ извѣстнаго—отъ міра внутренняго, чтобы объяснить неизвѣстное — внѣшній міръ. По противоположному и превратному пути идетъ механизмъ (механистическое воззрѣніе), который есть не что иное какъ матеріализмъ—онъ исходитъ отъ неизвѣстнаго, отъ внѣшняго міра, отъ гипотетическихъ объектовъ чувственныхъ воспріятій, чтобы объяснить извѣстное—міръ внутренній.

---

*) Сравненіе это принадлежитъ, если не ошибаюсь, Шопенгауэру.

**) І. Мюллеръ въ своей докторской диссертаціи защищалъ тезисъ «Psychologus nemo nisi Physiologus». Придетъ время, когда и противоположный тезисъ «Physiologus nemo nisi Psychologus» не будетъ больше нуждаться въ защитѣ.

То обстоятельство, что физіологи постоянно впадаютъ въ матеріализмъ, зависитъ отъ того, что въ психологіи не положено даже начало къ достиженію той степени точности, къ которой мы привыкли при изученіи физики и химіи. Нельзя отрицать, что хотя нѣтъ ничего доступнѣе нашему познанію и наблюденію, какъ состоянія и процессы нашего собственнаго сознанія, именно въ этой области наше знаніе совершенно нетвердо и непадежно. Это зависитъ отъ того, что объектъ здѣсь гораздо сложнѣе, число качествъ безконечно больше, чѣмъ въ мірѣ, познаваемомъ внѣшними чувствами; это зависитъ далѣе отъ того, что состоянія и процессы нашего сознанія подлежатъ безпрерывной быстрой смѣнѣ. Зависитъ это прежде всего отъ того, что до сихъ поръ мы не имѣемъ средства изслѣдовать объекты внутренняго чувства количественно.

Пока это состояніе психологіи будетъ продолжаться, мы не достигнемъ удовлетворительнаго объясненія жизненныхъ явленій. Въ большинствѣ отдѣловъ физіологіи не остается пока ничего другого, какъ работать дальше въ механистическомъ направленіи. Методъ этотъ приноситъ хорошіе плоды; мы должны испробовать, далеко ли мы дойдемъ съ помощью только физики и химіи. Не поддающееся такому изслѣдованію ядро будетъ выступать тѣмъ рѣзче, тѣмъ яснѣе. Такъ механизмъ настоящаго времени съ увѣренностью ведетъ насъ къ идеализму будущаго.

Развитые здѣсь взгляды подвергались многократному нападенію со стороны Р. Гейденгейна *), Е. Дю-Буа Реймона **), Макса Ферворна ***), А. Моссо ****) и др.

Всѣ нападки, направленныя противъ меня названными авторами, могутъ быть выражены въ одномъ положеніи, выставленномъ мною самимъ въ самомъ началѣ моего разсужденія: «Ожидать, что тѣми же самыми чувствами мы можемъ открыть въ живой природѣ что-либо иное, чѣмъ въ мертвой — было бы во всякомъ случаѣ умственнымъ безсиліемъ».

Ядра вопроса названные авторы вовсе не коснулись—невозможности объяснить механически психическія качества и невозможности забыть, что именно эти качества являются самымъ непосредственнымъ объектомъ нашего познанія—что они самое реальное изъ всего реальнаго.

Кому не нравится самое слово витализмъ, пусть замѣнитъ его другимъ — идеализмъ, скептицизмъ, эмпиризмъ. Это ничего не измѣнятъ въ моемъ изложеніи. Я только показалъ, какъ при помощи эмпирической психологіи, непосредственныхъ результатовъ наблюденія и опыта окончательно опровергаются метафизическія спекуляціи и догмы механизма.

Гипотезы, на которыя опирается механистическое объясненіе природы, атомистическая гипотеза, теорія волнообразныхъ колебаній, механическая теорія теплоты, суть метафизическія спекуляціи, т.-е. спекуляціи, при помощи которыхъ надѣются проникнуть взглядомъ въ сущность вещей, каковы онѣ на самомъ дѣлѣ, въ противоположность тому, каковыми онѣ намъ кажутся. Къ этимъ гипотезамъ можно было придти только путемъ перенесенія извѣстныхъ понятій, пріобрѣтенныхъ самонаблюденіемъ, въ міръ внѣшній — понятій о пространствѣ, времени, количествѣ, числѣ, силѣ. Перенести изъ міра внутренняго

---

*) Heidenhain. Pflüger's Archiv. Bd. 43. Supplementheft, стр. 61 – 64. 1888. Срав. также мое возраженіе въ томъ же журн. Bd. 44, стр. 270. 1889.

**) E. du Bois-Reymond. Sitzungsber. d. k. preussischen Akad. d. Wissensch. zu Berlin von 28 Juni 1894.

***) M. Verworn. Allgemeine Physiologie. Jena 1895, стр. 30 (рус. пер. Ферворнъ, Общая физіологія).

****) A. Mosso. Revue scientifique 4 Janvier 1896. 4-e Serie. T. V, стр. 1.

больше понятій въ міръ внѣшній до сихъ поръ оказывалось безплоднымъ. Нѣкоторые философы дѣлали это. Физики съ мудрой осторожностью довольствуются тѣмъ, что измѣряютъ количества объектовъ, не рѣшаясь имѣть сужденія объ ихъ качествахъ.

Но вотъ являются механисты и подобно раку пятятся задомъ. Они обратно переносятъ на внутреннюю сущность жизненныхъ процессовъ понятія, проецированныя въ внѣшній міръ, и думаютъ объяснить всю полноту, все богатство внутренняго міра, упомянутыми уже выше представленіями, незначительными и бѣдными по содержанію.

Нѣтъ достаточныхъ основаній вѣрить, что міръ внутренняго чувства, душевная жизнь, ограниченъ лишь отдѣльными частями большого мозга. Откуда является душевная жизнь? Она унаслѣдуется вѣдь при посредствѣ простой клѣтки. Путемъ дѣленія одной клѣтки происходятъ всѣ остальныя, всѣ ткани нашего тѣла, также нервная ткань, мозгъ, большой мозгъ. И развѣ неприемлимо къ филогеніи (происхожденію вида) то, что является въ онтогеніи (развитіи особи)? Спустимся въ животномъ мірѣ къ одноклѣточнымъ существамъ — гдѣ прекращается душевная жизнь? Прекращается ли она тамъ, гдѣ нѣтъ больше мозга? Или тамъ, гдѣ нельзя больше доказать существованія дифференцированной нервной системы? Принять это нѣтъ никакого основанія. Не будетъ ли скорѣе каждая клѣтка, каждый атомъ одушевленнымъ существомъ, не есть ли вся жизнь только душевная жизнь?

О. Бючли,
профессоръ зоологіи въ Гейдельбергѣ.

БІОМЕХАНИЗМЪ и ВИТАЛИЗМЪ.

Докладъ, читанный на международномъ зоологическомъ конгрессѣ въ Берлинѣ, въ 1901 году.

ПЕРЕВОДЪ
проф. Н. А. Холодковскаго.

Біомеханизмъ и витализмъ [1]).

Проф. О. Бючли.

Можно быть различнаго мнѣнія о томъ, насколько тема, избранная для моего доклада, пригодна для нашего конгресса, независимо отъ того, въ какой мѣрѣ мнѣ удастся сколько-нибудь преодолѣть немалыя трудности этой темы. Эти трудности мѣшаютъ, въ то же время, придать моему докладу ораторскую живость или красоту: единственною желательною цѣлью можетъ здѣсь быть для меня—сухая ясность.

Зато нѣтъ никакого сомнѣнія, что старая рознь между взглядами біомеханиковъ и виталистовъ въ новѣйшее время снова выступила съ особенною рѣзкостью послѣ того, какъ этотъ споръ сталъ уже казаться ослабѣвшимъ въ томъ смыслѣ, что почти всѣми была признана возможность достаточнаго пониманія жизненныхъ явленій на основѣ принциповъ механики.

Хотя мыслители и изслѣдователи, выступившіе въ новѣйшее время на защиту витализма, нерѣдко именуются нео-виталистами, однако мнѣ кажется, что противоположность между старымъ витализмомъ и такъ называемымъ нео-витализмомъ въ сущности не принципіальна. Какъ въ старомъ, такъ и въ новомъ витализмѣ одинаково высказывается основное убѣжденіе, что сущность жизни и жизненные процессы не понятны или не вполнѣ понятны безъ допущенія особой, существующей лишь въ органическомъ мірѣ и отсутствующей внѣ жизни законности явленій, — особаго принципа или особой силы, какъ бы ни называлось это своеобразное нѣчто, какія бы выраженія для этого ни подбирались. Новый витализмъ въ большей мѣрѣ, чѣмъ старый, признаетъ, что разсматриваніе жизненныхъ явленій съ точки зрѣнія чистой механической причинности настолько же законно, какъ и телеологическая точка зрѣнія, — что то и другое можетъ идти своимъ независимымъ путемъ. Но это, собственно, не составляетъ чего либо противорѣчащаго старому витализму: этотъ послѣдній также строилъ свои заключенія на основѣ причинности. Предположенная имъ жизненная сила, какъ причина жизненныхъ явленій, была включена въ схему причинности; оставалось только сомнительнымъ, законно ли допущеніе подобной гипотетической причины и дѣйствительно ли жизнь черезъ это дѣлается понятною.

---

[1]) Нѣмецкое заглавіе этой статьи — «Mechanismus und Vitalismus». Въ переводѣ слово механизмъ замѣнено для ясности словомъ «біо-механизмъ», такъ какъ «механизмъ» означаетъ, собственно, механическое устройство, а не механистическое воззрѣніе. *Переводчикъ.*

Въ нѣмецкомъ изданіи рѣчи Бючли къ ней приложено значительное число примѣчаній, посвященныхъ главн. обр. детальной критикѣ взглядовъ различныхъ авторовъ. Большая часть изъ нихъ совершенно спеціальнаго характера, и въ нашемъ изданіи мы позволили себѣ ихъ пропустить. *Ред.*

Изслѣдованіе о природѣ и законности обѣихъ противоположныхъ точекъ зрѣнія на жизнь естественно приводитъ къ весьма общимъ философскимъ вопросамъ, обсужденія которыхъ нельзя вполнѣ избѣжать при соображеніяхъ этого рода. Но съ другой стороны невозможно также предпослать этому обсужденію подробное критическое обоснованіе философско-познавательной точки зрѣнія, на которую я считаю правильнымъ стать въ этомъ случаѣ. Однако нельзя, все же, не обрисовать по крайней мѣрѣ въ общихъ чертахъ ту почву, на которую я намѣренъ поставить это обсужденіе, хотя я не буду стремиться къ вполнѣ достаточному оправданію этой основной почвы.

При началѣ каждаго научнаго воспріятія, каждаго познанія, мы встрѣчаемся съ противоположностью между *я*, т.-е. воспринимающимъ и познающимъ субъектомъ, и о б ъ е к т о м ъ, который познается этимъ *я*. Сгладить эту противоположность соотвѣтственно опыту или свести ее на что-либо подобное, высшее или болѣе общее, чтобы такимъ образомъ понять ее,—невозможно. Если мы исходимъ отъ *я* и его элементовъ сознанія, какъ отъ чего либо, единственно и непосредственно даннаго,—то намъ никакъ не удается доказать, что міръ объектовъ дѣйствительно существуетъ отдѣльно отъ этого *я*, и что все, что это *я* попросту воспринимаетъ въ качествѣ объектовъ, не является лишь элементами его сознанія. Опроверженіе этой точки зрѣнія,—правда, никогда не получавшей практическаго примѣненія,—опроверженіе этого, такъ называемаго т е о р е т и ч е с к а г о э г о и з м а или с о л и п с и з м а,—какъ уже сказано, невозможно. Если на практикѣ эта точка зрѣнія всегда отвергалась, то это было лишь благодаря прямо чудовищнымъ и въ высшей степени опаснымъ слѣдствіямъ, къ которымъ она необходимо приводитъ.

Противоположная точка зрѣнія, при которой міръ объектовъ признается за то, исходя изъ чего можно было бы понять *я*,—точно такъ же наталкивается на невозможность постичь этимъ путемъ субъектъ и его элементы сознанія. При такихъ обстоятельствахъ удобнѣе всего принять за исходный пунктъ для дальнѣйшаго разсужденія то всегда дѣлаемое простымъ здравымъ смысломъ, хотя, какъ показываетъ болѣе точное изслѣдованіе, гипотетическое допущеніе, что противоположность между субъектомъ и объектомъ, между ощущающимъ и ощущаемымъ существуетъ въ дѣйствительности. Поэтому *я* противопоставляется объекту, но между ними есть и нѣкоторая связь, такъ какъ міръ объектовъ обусловливаетъ происходящіе въ субъектѣ процессы (ощущенія и комплексы ощущеній), которые и суть воспріятія, получаемыя нашимъ *я* изъ объективнаго міра. Такъ какъ только само *я* непосредственно переживаетъ сознаніе и его элементы, то оно можетъ также, опираясь на болѣе или менѣе надежный выводъ по аналогіи, заключить, что и нѣкоторые составные элементы объективнаго міра представляютъ собою подобное же сознательное и ощущающее *я*.

Ставъ на почву гипотетическаго допущенія противоположности между ощущающимъ *я* и ощущаемымъ міромъ объектовъ, *я* можетъ также, вооружась различными условными отношеніями своихъ органовъ чувствъ къ объективному міру, узнать, что между объектами существуетъ различная зависимость, что они взаимно обусловливаются. Такимъ образомъ эмпирически достигается познаніе причинной зависимости, которую мы, слѣдовательно, не считаемъ за данную a priori. Далѣе *я* начинаетъ раздѣлять міръ объектовъ на внѣшній міръ и свое собственное тѣло, т.-е. объектъ самого *я*; какимъ путемъ оно можетъ дойти до этого разсужденія,—неоднократно пытались показать. Вмѣстѣ съ этимъ раздѣленіемъ происходитъ и дальнѣйшее немаловажное разграниченіе въ области ощущаемаго: *я* замѣчаетъ, что оно ощущаетъ не только объекты внѣшняго міра и свое собственное тѣло, но и переживаетъ особый рядъ ощущеній, отношенія котораго къ внѣшнему міру не непосредственны, а отдаленны. А такъ какъ *я* убѣждено относительно внѣшняго міра, что онъ не только вообще ощущаетъ, но ощущаетъ нѣчто опредѣленное, то *я* представляетъ себѣ и для этого ряда ощущеній нѣчто ощущаемое, а именно — душу.

Съ помощью ощущеній, получаемыхъ черезъ различные органы чувствъ,—ощущеній одновременныхъ, но различныхъ, хотя и обусловливаемыхъ однимъ объектомъ,—*я* узнаетъ далѣе, что ощущенія обусловливаются объектомъ тогда, когда онъ испытываетъ измѣненія. Другими словами: зависящія отъ объекта ощущенія обусловливаются измѣненіями другихъ ощущеній, зависящихъ отъ того же объекта. А что измѣненія ощущеній, зависящихъ отъ объекта, должны сопровождаться измѣненіями объекта, это для нашей точки зрѣнія понятно само собою, такъ какъ для нашего *я* различны именно тѣ объекты, которые различно ощущаются. Такимъ образомъ постепенно выясняется, что отъ измѣненій состоянія объектовъ прежде всего зависятъ измѣненія въ состояніи самого *я* (т.-е. его тѣла) и что параллельно съ этими измѣненіями происходятъ и съ ними координированы въ то же время элементы сознанія или ощущенія, переживаемыя субъектомъ.

Итакъ, въ концѣ концовъ мы приходимъ къ убѣжденію, что параллельно съ измѣненіями въ мірѣ объектовъ слагаются ощущенія субъекта. Но такъ какъ *я* узнаетъ что-либо объ объектѣ только путемъ такихъ параллельно идущихъ ощущеній, и, слѣдовательно, объектъ можетъ быть познаваемъ не иначе, какъ въ видѣ комплекса ощущеній, то всѣ размышленія о томъ, чѣмъ могъ бы быть объектъ независимо отъ этого комплекса ощущеній, совершенно лишены всякаго содержанія. Объектъ, какъ вещь сама по себѣ, былъ бы лишенъ всякихъ свойствъ; чистый объектъ, мыслимый, какъ нѣчто абстрактное, въ противоположность къ субъекту, есть ничто.

Но тѣла, съ которыми связано *я* или сознательное ощущеніе, ограничены во времени; они возникаютъ и пропадаютъ. Намъ кажется невозможнымъ понять, какимъ образомъ возникаетъ и снова исчезаетъ такая параллель между измѣненіями во внѣшнемъ мірѣ и тѣломъ съ его *я*, также возникающимъ и исчезающимъ. Связь двухъ такихъ взаимно противоположныхъ и все-таки координированныхъ процессовъ для насъ непонятна: мы можемъ лишь принять ее, какъ таковую, какъ нѣчто непостижимое. Если же мы захотѣли бы представить себѣ, что эта непостижимость наступаетъ и повторяется каждый разъ при возникновеніи каждаго *я* и вмѣстѣ съ нимъ также снова прекращается, то это повело бы къ накопленію такихъ непостижимостей, которое могло бы быть обойдено лишь посредствомъ дополнительной гипотезы,—посредствомъ допущенія, что непостижимость эта возникаетъ только однажды и относится къ началу нашего мышленія. Такимъ образомъ мы примемъ, что всѣ измѣненія, познаваемыя нами во внѣшнемъ мірѣ, постоянно сопровождаются параллельно имъ идущими психическими процессами, ощущеніями и общимъ чувственнымъ настроеніемъ; что, поэтому, параллелизмъ, замѣчаемый нами между ощущеніями *я* и измѣненіями состоянія *я*-объекта, есть нѣчто общее, а не возникающее вмѣстѣ съ возникновеніемъ и уничтоженіемъ *я*-объекта.

Ставъ на эту точку зрѣнія, мы во многихъ отношеніяхъ приближаемся къ воззрѣніямъ Маха, который считаетъ за элементы міра комплексы ощущеній, то вступающіе въ соотношеніе съ нашимъ *я* (въ сознаніи), то не вступающіе. Ибо, такъ какъ мы замѣчаемъ или ощущаемъ измѣненія объектовъ и, согласно нашему допущенію, съ ними всегда координированы ощущенія, то мы могли бы также сказать, что мы замѣчаемъ эти ощущенія объектовъ. Во всякомъ случаѣ наше воззрѣніе существенно отличается отъ воззрѣнія Маха въ томъ, что Махъ называетъ самые объекты комплексами ощущеній, т.-е. приписываетъ имъ постоянное ощущеніе. Мы же, согласно нашему воззрѣнію, сказали бы: объектъ не есть комплексъ ощущеній; онъ есть нѣчто такое, что можетъ ощущать, но не всегда ощущаетъ. При этомъ, однако, была бы все же уничтожена рѣзкая противоположность между субъектомъ и объектомъ, такъ какъ и тотъ и другой были бы признаны за нѣчто такое, которое можетъ ощущать.

Противоположность, однако, остается, ибо *я* ощущаетъ сознательно, а объектъ—безсознательно. Правильно ли опредѣляется этими словами названная противоположность,—

это, правда, представляется сомнительнымъ. Ощущеніе, какъ первичный элементъ сознанія, представляется намъ, какъ сказано, понятнѣе всего въ качествѣ явленія, координированнаго съ измѣненіями въ мірѣ объектовъ. Сознательное же ощущеніе, напротивъ, есть, по всѣмъ даннымъ опыта,—нѣчто такое, что обусловливается существованіемъ особой системы въ тѣлѣ *я*-объекта,—нервной системы. Мы можемъ указать и на особую способность мыслящаго *я*, связанную съ существованіемъ этой системы,—способность, безъ которой сознаніе представляется немыслимымъ: это—память.

Такимъ образомъ мы держимся мнѣнія, что ощущеніями, правда, сопровождаются всѣ процессы въ мірѣ, но что сознаніе или сознательное ощущеніе создалось съ устройствомъ нервной системы и, вмѣстѣ съ нею, памяти, которая служитъ основою и краеугольнымъ камнемъ сознательнаго объекта или *я*.

Отдавъ отчетъ въ той философской постановкѣ (съ точки зрѣнія теоріи познанія), съ которой мы намѣрены разсмотрѣть нашу тему, мы должны вкратцѣ рѣшить еще одинъ предварительный вопросъ, именно вопросъ объ отношеніи такъ называемыхъ точныхъ естественныхъ наукъ къ описательнымъ.

Первыя стараются установить причинную зависимость родовъ вещества и связанныхъ съ ними явленій. Поэтому онѣ не изучаютъ данные объекты природы въ ихъ естественныхъ обстоятельствахъ, но ставятъ вещи или вещества въ извѣстныя, точно контролируемыя условія, въ особыя, точно извѣстныя обстоятельства. Исходя такимъ образомъ изъ точно опредѣленныхъ и по возможности упрощенныхъ условій, науки эти могутъ устанавливать въ разныхъ случаяхъ строго опредѣленную, точную зависимость, которая, однако, дѣйствительна лишь до тѣхъ поръ, пока существуютъ искусственно установленныя и точно опредѣленныя исходныя условія. Но такъ какъ въ извѣстной намъ природѣ не встрѣчается простыхъ и точно установимыхъ условій, то и открытая точными науками закономѣрная зависимость можетъ лишь болѣе или менѣе приближаться къ законамъ природы. Попытки примѣнить результаты точныхъ наукъ къ объясненію образованія и возникновенія предметовъ природы въ астрофизикѣ, геологіи и метеорологіи почти никогда не приводятъ къ ясно опредѣленнымъ, не допускающимъ иного толкованія выводамъ; обыкновенно онѣ лишь даютъ возможность убѣдиться, что при извѣстныхъ физико-химическихъ условіяхъ возникновеніе этихъ образованій намъ понятно, но не доказываютъ съ точностью, что процессъ при этомъ былъ именно такой-то или такой-то.

Такъ называемыя описательныя науки всегда занимаются непосредственно данными естественными объектами, которые, безъ сомнѣнія, отличаются высокою внутреннею сложностью условій. Поэтому попытки объяснить такіе объекты едва ли могутъ дать что-либо большее, чѣмъ попытки объяснить неорганическіе предметы, т.-е. могутъ лишь внушить убѣжденіе въ ихъ понятности или въ возможности ихъ возникновенія, на основаніи извѣстныхъ комплексовъ обусловливающихъ и дѣйствующихъ причинъ. Къ живымъ предметамъ природы это относится еще въ гораздо большей степени, чѣмъ къ неживымъ, такъ какъ комплексъ условій организма въ существенныхъ чертахъ есть внутренній, мало поддающійся эксперименту, и, вслѣдствіе своей сложности, почти не можетъ быть ясно опредѣленъ въ качественномъ отношеніи.

Приступая къ нашей темѣ, мы, конечно, прежде всего встрѣчаемся съ вопросомъ: что слѣдуетъ разумѣть подъ біомеханизмомъ и витализмомъ, въ чемъ состоитъ противоположность обѣихъ этихъ точекъ зрѣнія по отношенію къ организмамъ? Понятіе о біомеханизмѣ лишь отдаленно связано съ механикою, съ ученіемъ о явленіяхъ движенія и равновѣсія тѣлъ. Біомеханизмъ стремится не къ пониманію жизненныхъ явленій механическимъ путемъ, но къ тому, чтобы сдѣлать организмъ понятнымъ или объяснимымъ

на основѣ общей закопности явленій, какую мы наблюдаемъ въ неорганическомъ мірѣ. Чисто механическое воззрѣніе невозможно, вѣдь, провести и въ неорганическомъ мірѣ. Если бы даже оно казалось здѣсь возможнымъ въ будущемъ (что отвергается авторитетами), то и тогда это лишь во второй линіи касалось бы механистическаго воззрѣнія на явленія жизни. Для него достаточно свести жизнь къ тѣмъ способамъ, какими происходятъ явленія въ неорганической природѣ; физико-химическимъ наукамъ можно предоставить рѣшеніе вопроса о томъ, насколько можно надѣяться свести эту закономѣрность явленій къ основнымъ представленіямъ механики. Міровая формула Лапласа принадлежитъ къ области миѳовъ; все, что она, вообще, могла бы выразить,—это возможность объясненія и пониманія всѣхъ физическихъ процессовъ на основѣ причинной зависимости явленій, исходя изъ даннаго первоначальнаго состоянія.

Съ другой стороны механическая точка зрѣнія никакъ не должна быть смѣшиваема съ матеріалистическою, поскольку эта послѣдняя отстаиваетъ взглядъ, что и психическія явленія могутъ быть поняты и объяснены, какъ и причинныя слѣдствія физическихъ процессовъ. Механистическое воззрѣніе не полагаетъ, что психическое можетъ быть понято, исходя изъ физическаго: оно считаетъ обѣ эти области раздѣльными, хотя и не лишенными связи. Каждому физическому состоянію соотвѣтствуетъ психическое; между ними существуетъ координація, но нѣтъ причиннаго отношенія психическаго состоянія къ преходящему во времени физическому состоянію, въ смыслѣ дѣйствія и причины.

Итакъ, біомеханизмъ считаетъ возможнымъ, хотя въ настоящее время весьма въ малой степени осуществимымъ, постиженіе формъ и явленій жизни на основѣ сложныхъ физико-химическихъ условій. Витализмъ, напротивъ, отрицаетъ эту возможность. Онъ утверждаетъ, что физико-химическіе процессы неорганической природы недостаточны для пониманія организмовъ; что, напротивъ, въ органическомъ мірѣ должны существовать совершенно особые процессы, какихъ мы не знаемъ въ неорганической природѣ. Въ прежнее время совокупность этихъ особенныхъ процессовъ въ организмѣ представляли себѣ въ видѣ психической силы, нѣкоей Anima, дающей форму физической основѣ организма и заставляющей ее функціонировать. Отъ этой Anima въ концѣ концовъ существенно не отличалась жизненная сила позднѣйшаго времени, хотя ее обыкновенно представляли себѣ въ видѣ простой причины, подобной силамъ неорганической природы, которыя считались причинами законности процессовъ неорганическаго міра. Дѣйствительно, если жизненная сила, хотя бы и мыслимая въ видѣ простой причины, можетъ исполнять, направлять и проводить столь много сложнаго и цѣлесообразнаго, то ее можно себѣ представить въ видѣ особаго принципа, хотя бы и безсознательнаго, но дѣйствующаго подобно интеллигентному сознанію. Иначе она бы ничего собою не означала; признать ее—значило бы не болѣе, какъ сказать, что явленія и формы жизни должны имѣть нѣкоторую особую, характерную для нихъ причину. Въ сущности эта жизненная сила оказалась именно только описательною гипотезою, которая перенесла объясненіе сложнаго бытія и суммы процессовъ, какъ особаго круга дѣйствій, на гипотетическую силу или причину и которая поэтому столько же мало могла привести къ пониманію жизни и ея явленій, какъ и соотвѣтствующія описательныя гипотезы въ неорганической области. Въ обоихъ случаяхъ подобныя гипотезы легко могутъ затемнить ту истину, что всякій процессъ является слѣдствіемъ нѣсколькихъ или многихъ условій, что поэтому допущеніе одной простой причины никогда не соотвѣтствуетъ дѣйствительному положенію дѣла.

Совершенно тѣ же соображенія относятся и къ допущенію различныхъ гипотетическихъ вспомогательныхъ силъ, придуманныхъ старымъ витализмомъ,—каковы чувствительность, раздражимость, способность къ движенію: все это лишь описательныя гипотезы для отдѣльныхъ общихъ жизненныхъ явленій.

Существенное измѣненіе испыталъ витализмъ со времени установленія принципа со-

храненія силы или энергіи, что и случилось прежде всего именно въ виду процессовъ, происходящихъ въ организмѣ. Въ настоящее время и виталистъ не можетъ отказаться отъ признанія, что энергическая дѣятельность организма въ концѣ концовъ, даже въ количественномъ отношеніи, зависитъ единственно отъ энергическихъ дѣйствій неживого міра. Отъ этого признанія не избавился и такъ называемый нео-витализмъ; поэтому ему остался только одинъ исходъ: допустить или доказать, что въ организмѣ совершается особая своеобразная, закономѣрная сумма процессовъ, которая въ энергетическомъ отношеніи, правда, подчинена той же зависимости, какъ и процессы неорганической природы, но въ этой послѣдней не проявляется въ томъ видѣ, какъ въ организмахъ. Въ концѣ концовъ нео-витализмъ долженъ былъ бы также признать, что эти своеобразные процессы обусловливаются особыми физико-химическими комбинаціями, свойственными организмамъ. По крайней мѣрѣ многіе отрицаютъ, чтобы эта сумма жизненныхъ процессовъ представляла собою особую форму энергіи—жизненную энергію; но я не вижу, какъ иначе можно было бы ее себѣ представить.

Въ общемъ и нео-витализмъ склоненъ допустить, что причинно-механистическій взглядъ на организмы имѣетъ право на существованіе; но онъ признаетъ это лишь настолько, насколько разсматриваніе вещей съ точки зрѣнія причинности есть форма воззрѣнія, а ргіогі свойственная человѣческому уму,—причемъ этому взгляду на вещи противопоставляется другой, столь же законный и одинаково апріорный, телеологическій взглядъ. Витализмъ аргументируетъ примѣрно, такъ: причинность имѣетъ общее значеніе, но не она одна имѣетъ значеніе; въ организмѣ существуетъ еще другая форма зависимости—телеологическая причинность, отсутствующая въ неживомъ мірѣ.

Такъ какъ нео-витализмъ признаетъ причинно-механистическое воззрѣніе на жизнь за законное и даже необходимое требованіе, то и мы не можемъ смотрѣть на ученіе о причинности какъ на нѣчто, свойственное только біо-механизму, въ противоположность витализму, какъ это иной разъ дѣлали нѣкоторые. Но зато мы должны указать на существенное различіе между обоими взглядами,—на то, что, по мнѣнію виталистовъ, процессы неорганической природы недостаточны для пониманія жизни; а также на убѣжденіе, настойчиво высказываемое по крайней мѣрѣ нѣкоторыми нео-виталистами, что полное пониманіе жизни причинно-механистическимъ путемъ вообще невозможно, и что дополненія его слѣдуетъ искать въ телеологическомъ міровоззрѣніи, въ обращеніи вниманія на конечныя причины,—causae finales.

Такъ какъ біо-механизмъ настаиваетъ на возможности того, что причинность процессовъ неорганическаго міра достаточна, чтобы сдѣлать организмы понятными, то необходимо объяснить поближе, что разумѣется подъ причинною зависимостью.

Если мы видимъ, что въ неорганическомъ мірѣ измѣняется вещь A, напр. переходитъ изъ состоянія покоя въ движеніе, то мы находимъ, что должно существовать нѣсколько условій, за которыми слѣдуетъ это измѣненіе. Вещь A должна быть расположена въ опредѣленномъ мѣстѣ и среда вокругъ нея должна быть такова, чтобы эта вещь могла придти въ движеніе; толкающая вещь B должна находиться въ опредѣленно направленномъ движеніи, чтобы вещь A была задѣта ею. Такимъ образомъ должны соединиться много условій для того, чтобы вещь A измѣнилась. Всѣ эти условія одинаково важны: если одного изъ нихъ нѣтъ, то A не измѣняется. На первый взглядъ кажется, что всѣ условія имѣютъ равное значеніе и что ни одно изъ нихъ не можетъ быть особенно выдвигаемо передъ другими въ качествѣ причины. Однако, одно изъ этихъ условій выдѣляется передъ прочими тѣмъ, что оно само по себѣ составляетъ измѣненіе,—движеніе вещи B,—тогда какъ всѣ остальныя условія не находятся въ измѣненіи. Въ то же время оказывается (если предположить, что обѣ вещи обладаютъ совершенною упругостью), что размѣръ измѣненія, испы-

тываемаго вещью *А*, равенъ размѣру измѣненія, теряемаго вещью *Б*, т.-е. что количество измѣненія вещи *А* какъ разъ таково, какъ потеря движенія вещью *Б*. Какъ вещь, ни *А*, ни *Б* при этомъ не измѣняются, но измѣняется состояніе обѣихъ вещей: *Б* изъ движенія переходитъ въ покой, а *А*—наоборотъ. Соотвѣтственно этому вещь *Б* отличается отъ прочихъ условій тѣмъ, что она находится въ состояніи измѣненія (имѣетъ, какъ говорится, свободную энергію) и этимъ съ своей стороны обусловливаетъ состояніе измѣненія вещи *А*. И вотъ нерѣдко это обусловливающее состояніе измѣненія вещи *Б* обозначается, какъ дѣйствующая причина, въ противоположность прочимъ условіямъ, не обнаруживающимъ никакого подобнаго измѣненія и называемымъ также обусловливающими причинами, или, короче, условіями причиннаго процесса.

Въ только-что изложенномъ случаѣ мы находимъ, что дѣйствующая причина изъ *Б* всѣмъ своимъ количествомъ переходитъ въ обусловленное дѣйствіемъ состояніе вещи *А*. Но бываетъ еще другая форма причинной зависимости, при которой нѣтъ такого отношенія между дѣйствующей причиною и эффектомъ; это тотъ родъ причинной зависимости, который обыкновенно называютъ разряженіемъ и который имѣетъ, вообще, распространеніе именно въ органическомъ мірѣ. Чтобы сравнить эту причинную зависимость съ тою, о которой мы говорили раньше, представимъ себѣ слѣдующее. Пусть поднята гиря; черезъ это она приведена въ измѣненное состояніе, которое при подходящихъ условіяхъ, въ качествѣ дѣйствующей причины, поведетъ къ движенію гири или къ паденію ея на какой-либо субстратъ. Пусть, напр., гиря помѣщена на одномъ изъ концовъ коромысла вѣсовъ и обусловливаетъ измѣненіемъ своего состоянія опусканіе этого конца. Помѣстимъ теперь одновременно на оба конца коромысла по гирѣ одинаковаго вѣса: тогда состояніе обѣихъ гирь не обусловитъ движенія коромысла, такъ какъ измѣненное состояніе ихъ взаимно парализуется,—онѣ взаимно уравновѣшиваются. И вотъ какая-нибудь ничтожная въ количественномъ отношеніи причина, сталкивающая гирю съ одного изъ концовъ коромысла, обусловливаетъ опусканіе другого конца съ находящеюся на немъ гирею и при этомъ производитъ такое количество измѣненія, что оно во много разъ превосходитъ ту величину, которая удалила первую гирю. Обыкновенно называютъ первую дѣйствующую причину, которая удаляетъ гирю, разряжающею причиною: ея-то дѣйствіе и производитъ опусканіе противоположнаго конца коромысла, столь явно несоразмѣрное съ нею въ количественномъ отношеніи. При ближайшемъ обсужденіи только-что приведеннаго случая легко, однако, видѣть, что при этомъ мы имѣемъ дѣло не съ простою причинною зависимостью, какъ въ томъ случаѣ, когда мы просто подняли гирю, но съ зависимостью многократною, съ такъ называемою цѣпью причинъ. Прежде всего мы имѣемъ тѣ дѣйствующія причины, которыя были даны въ поднятіи обѣихъ гирь и дѣйствіе которыхъ проявляется въ измѣненномъ состояніи гирь; это состояніе, въ свою очередь, какъ дѣйствующая причина, можетъ обусловливать извѣстное дѣйствіе. Но это дѣйствіе не происходило, такъ какъ при данныхъ условіяхъ обѣ гири удерживали одна другую. Какъ только такъ называемая разряжающая причина устраняетъ задерживающее условіе, тотчасъ при измѣненныхъ условіяхъ происходитъ опусканіе оставшейся гири, т.-е. проявляется не осуществлявшееся до сихъ поръ вслѣдствіе задержки дѣйствіе прежней причины—поднятія гири, которое запоздало и происходитъ лишь теперь, по устраненіи задержки разряжающею причиною.

Упомянутая цѣпь причинъ состоитъ, стало-быть, 1) въ поднятіи гирь (состояніе равновѣсія, задержка или ненаступленіе дѣйствія); 2) въ удаленіи одной изъ гирь (новое обусловливающее состояніе); 3) въ дѣйствіи предшествовавшаго поднятія другой гири, которое теперь проявляется въ опусканіи коромысла. Такая дѣйствующая причина, затрудненная въ своемъ дѣйствіи данными условіями, т.-е не достигшая дѣйствія вслѣдствіе наступившаго состоянія равновѣсія, называется также, какъ извѣстно, потенціальною энергіею.

Разсмотримъ еще другой случай. Если мы возьмемъ тонкую стеклянную нить и согнемъ ее кольцеобразно, то слѣдствіемъ этого сгибанія будетъ измѣненіе состоянія нити, которое при извѣстныхъ условіяхъ произведетъ обратное движеніе нити, приводящее ее въ прежнюю форму и въ первоначальное состояніе. Если я теперь спаяю соприкасающіеся концы кольцеобразно согнутой нити, то нить болѣе не возвратится къ своей прежней формѣ: она останется въ видѣ кольца. Установивъ сопротяженность обоихъ соединенныхъ концовъ, мы ввели задержку, обусловливающую состояніе равновѣсія, и притомъ такое, которое отличается отъ первоначальнаго состоянія равновѣсія повышеннымъ содержаніемъ потенціальной энергіи. Разряжающая причина, нарушающая сопротяженность спаянныхъ концовъ нити, измѣнитъ условія такъ, что наступитъ дѣйствіе предшествующей—сгибающей—причины. Здѣсь мы опять имѣемъ цѣпь причинъ: 1) дѣйствующая причина сгибанія нити,—наступленіе задержки (состояніе равновѣсія); 2) устраненіе задержки (разряжающая причина); 3) проявленіе дѣйствія предшествующаго сгибанія въ разгибаніи.

Какъ на результатъ нашего разсужденія, мы должны указать на то, что при такъ называемомъ разряженіи причинныя отношенія зависимостей представляются въ видѣ цѣпи причинъ, при которой дѣйствіе прежней дѣйствующей причины, не могшее проявиться вслѣдствіе особыхъ условій, наконецъ наступаетъ или освобождается вслѣдствіе уменьшенія этихъ условій разряжающею (освобождающею) причиною.

Біо-механизмъ и витализмъ пытаются понять или объяснить (по моему мнѣнію оба эти обозначенія тождественны) живыя существа. Оба эти направленія расходятся лишь относительно основы, которая могла бы послужить для такого пониманія и объясненія. Но именно среди нѣкоторыхъ нео-виталистовъ распространено мнѣніе, что, слѣдуя Кирхгофу, объ объясненіи явленій природы вообще нечего и говорить, что мы должны ограничиться поставленнымъ имъ требованіемъ «простѣйшаго и полнѣйшаго описанія». Нѣкоторые критики уже замѣтили совершенно вѣрно, что Кирхгофъ пришелъ къ своему требованію вслѣдствіе нѣсколько необычнаго опредѣленія понятія «описаніе». Нельзя, конечно, сомнѣваться, что въ обычномъ смыслѣ описаніе означаетъ, во-первыхъ, перечисленіе разнообразныхъ вещей, сосуществующихъ въ пространствѣ одновременно, и во-вторыхъ—перечисленіе разнообразныхъ вещей, смѣняющихъ другъ друга во времени. Что именно таково первоначальное и собственное значеніе описанія, видно уже изъ названія «описательныхъ наукъ», въ противоположность такъ называемымъ точнымъ наукамъ.

Сосуществованіе вещей въ пространствѣ или послѣдовательность ихъ во времени не составляетъ, однако, доказательства причинной зависимости, закономѣрно обусловленнаго сосуществованія или такой же послѣдовательности. Такое перечисленіе не анализированныхъ подробно комплексовъ, сосуществующихъ или послѣдовательныхъ, какъ бы часто и какъ бы правильно они ни повторялись, совершенно не содержитъ въ себѣ того сужденія о необходимой обусловленности, которое мы связываемъ съ понятіемъ о причинной послѣдовательности. Перечисленіе послѣдовательныхъ вещей или явленій, причинно обусловливающихся взаимно, причемъ все позднѣйшее необходимо слѣдуетъ изъ предыдущаго, — это, конечно, есть также перечисляющее описаніе, но такое, въ которомъ каждый слѣдующій членъ оказывается необходимо обусловленнымъ предшествующимъ членомъ,—необходимо въ томъ смыслѣ, что всякое иное слѣдствіе явилось бы противорѣчіемъ логикѣ и опыту. Такое описаніе съ точки зрѣнія необходимой причинности и есть, однако, то, что называется объясненіемъ. Но такое причинное описаніе лишь тогда можетъ быть дѣйствительно неотразимымъ, когда исходный членъ его не снабженъ условіями или свойствами, изъ коихъ хотя и слѣдуютъ съ логическою необходимостью дальнѣйшіе члены, но условія и свойства эти не присущи необходимо и согласно указаніямъ опыта исходному члену, а придаются ему произвольно. Ибо, какъ уже замѣтили я и другіе, признакомъ удовлетворительнаго

объясненія является сведеніе непонятнаго явленія къ болѣе общему, извѣстному изъ опыта явленію.

Такъ напр., мы можемъ указать на то, что Кеплеръ далъ точное описаніе движенія планетъ, но не далъ описанія или объясненія, въ причинной послѣдовательности заключающаго отъ извѣстныхъ, соотвѣтствующихъ опыту, предположеній. Такое объясненіе развилъ впослѣдствіи Ньютонъ, исходя изъ предположенія о всеобщемъ дѣйствіи закона тяготѣнія въ небесномъ пространствѣ и о передачѣ движенія. Конечно, такое описаніе, не содержащее противорѣчій, есть въ то же время и простѣйшее, полнѣйшее и наиболѣе экономное, какъ его довольно удачно назвали въ новѣйшее время.

Мы поставимъ себѣ задачею разсмотрѣть тѣ возраженія, которыя ставитъ такъ называемый нео-витализмъ противъ возможности физико-химическаго пониманія или объясненія явленій жизни. При этомъ мы не станемъ разбирать, насколько эти возраженія одинаково отстаиваются всѣми виталистами и насколько постоянно они выставлялись; для насъ важны лишь возраженія сами по себѣ.

Чаще и больше всего ставится въ вину механистическому направленію то, что до сихъ поръ ни одно жизненное явленіе (или лишь весьма немногія) не объяснено дѣйствительно путемъ механики; что, напротивъ, большая часть попытокъ физико-химическаго объясненія отдѣльныхъ явленій жизни впослѣдствіи оказывались неудачными. Какъ ни суровъ этотъ приговоръ, онъ не совсѣмъ невѣренъ. Однако онъ мнѣ кажется все же весьма несправедливымъ, если мы вспомнимъ, каковы теперь наши свѣдѣнія о физико-химическихъ процессахъ живыхъ существъ въ сравненіи съ тѣмъ, что было объ этомъ извѣстно приблизительно 100 лѣтъ тому назадъ. Эта современная глубина нашего знанія достигнута на почвѣ того предположенія, что, хотя организмъ въ цѣломъ и непонятенъ съ физико-химической точки зрѣнія, но происходящіе въ немъ процессы доступны физико-химическому объясненію.

Но я рѣшительно отвергаю высказываемое иногда нео-виталистами утвержденіе, что тѣ изъ жизненныхъ процессовъ, которые оказались объяснимыми физико-химически, должны быть исключены изъ ряда настоящихъ жизненныхъ явленій; что они столь же мало представляютъ собою истинныя жизненныя явленія, какъ производимыя вѣтромъ движенія листьевъ относятся къ жизни дерева (Бунге). Кто становится на такую точку зрѣнія, для того, разумѣется, не существуетъ механистическаго объясненія собственно-жизненныхъ явленій. Но эта точка зрѣнія содержитъ въ себѣ petitio principii, именно она принимаетъ за признакъ истинныхъ явленій жизни необъяснимость ихъ физико-химическимъ путемъ. Напротивъ, спорная проблема и заключается именно въ томъ: объяснимы ли жизненныя явленія съ помощью физики и химіи, или нѣтъ? По моему мнѣнію, этотъ способъ мышленія нашелъ себѣ характерное выраженіе у одного изъ современныхъ нео-виталистовъ,—у Коссманна, который полагаетъ, что искусственно произведенное тѣло, состоящее изъ тѣхъ же веществъ и имѣющее то же строеніе, какъ растеніе, не есть организмъ. Но, вѣдь, такое тѣло, которое имѣетъ точно такой же матеріальный и структурный составъ, какъ какое-либо опредѣленное растеніе, при соотвѣтствующихъ внѣшнихъ условіяхъ не можетъ не проявлять тѣхъ же отношеній, какъ это растеніе, т.-е. оно будетъ жить такъ же, какъ растеніе. Было бы совершенно произвольнымъ исключать изъ понятія объ организмѣ этотъ искусственный продуктъ единственно на основаніи его необыкновеннаго происхожденія. Съ такимъ же правомъ можно было бы считать добытый въ лабораторіи кислородъ за нѣчто, по существу различное отъ кислорода воздуха.

Никто не будетъ оспаривать, что и въ основѣ самаго простѣйшаго организма долженъ содержаться чрезвычайно запутанный комплексъ условій и что поэтому физико-химическому объясненію жизненныхъ процессовъ (если оно, вообще, возможно) можетъ быть

доступно пока лишь немногое, только отдѣльныя, частичныя явленія, да и то лишь въ смыслѣ общаго вѣроятія производства ихъ отъ извѣстныхъ физико-химическихъ условій. Если мы вспомнимъ далѣе, что для физики и химіи именно тѣ вещества, изъ которыхъ созидаются жизненныя формы, составляютъ еще неразрѣшенную загадку, что о протоплазмѣ въ химическомъ отношеніи мы судимъ лишь по продуктамъ ея разрушенія, да и эти знаемъ не совсѣмъ точно, тогда не очень удивительно, что физико-химически можетъ быть объяснено лишь весьма немногое. Я считаю даже вѣроятнымъ, что и самое экспериментальное изслѣдованіе жизненныхъ процессовъ простѣйшихъ организмовъ не очень много прибавитъ къ разрѣшенію этихъ проблемъ. Если принять въ соображеніе вѣроятную сложность условій, необходимыхъ даже для самыхъ простыхъ жизненныхъ процессовъ, и имѣть въ виду, что главнымъ образомъ рѣчь идетъ о внутреннихъ условіяхъ, видоизмѣненіе которыхъ точно установленнымъ, недвусмысленнымъ путемъ кажется едва возможнымъ,—то едва ли можно будетъ не придти къ убѣжденію, что выясненіе причинной зависимости основныхъ простѣйшихъ жизненныхъ явленій (ассимиляціи, диссимиляціи, роста, произвольнаго движенія и размноженія дѣленіемъ) экспериментальнымъ путемъ, который далъ такіе блестящіе результаты въ точныхъ наукахъ,—что такое выясненіе едва ли достижимо.

Мнѣ кажется даже, что удобнѣе для этого другой путь, именно тотъ, по которому я пытался слѣдовать въ нѣкоторыхъ изъ моихъ работъ. Этотъ путь состоитъ въ возможно подробномъ изученіи физико-химической природы тѣхъ веществъ, о которыхъ мы знаемъ или можемъ предполагать, что они составляютъ матеріальную основу простѣйшихъ живыхъ существъ, а также въ тщательномъ изученіи тончайшихъ структуръ и форменныхъ явленій въ чисто неорганической области, которыя во многихъ отношеніяхъ также еще весьма мало извѣстны. Кромѣ того, слѣдуетъ также изыскивать процессы, которые происходятъ въ неживомъ матеріалѣ, природа котораго намъ извѣстна, и которые болѣе или менѣе сходны съ процессами, наблюдавшимися у простѣйшихъ организмовъ.

Разумѣется, изъ общаго сходства такихъ процессовъ и форменныхъ образованій въ неживомъ матеріалѣ съ подобными же явленіями въ живомъ организмѣ нельзя еще прямо утверждать о реальномъ тождествѣ причинныхъ условій въ обоихъ сравниваемыхъ случаяхъ. Такое соотвѣтствіе при данныхъ обстоятельствахъ можетъ быть узнано лишь путемъ исключенія, причемъ удается показать, что дѣйствительно въ объясняемомъ жизненномъ явленіи имѣются или хоть могутъ быть на лицо тѣ же общія условія, какъ и въ сравниваемомъ съ ними явленіи, протекающемъ при извѣстныхъ условіяхъ, а также если можно доказать, что данное явленіе не можетъ произойти въ организмѣ при иныхъ возможныхъ и вѣроятныхъ условіяхъ. Легко понять, что большею частію весьма трудно будетъ привести такія доказательства съ полною строгостью. И если даже доказательства эти будутъ даны, въ результатѣ мы окажемся лишь въ состояніи установить, къ какой категоріи проявленія силъ или энергіи слѣдуетъ отнести данное жизненное явленіе. Спеціальныя же условія въ отдѣльныхъ случаяхъ ускользаютъ отъ констатированія, какъ это обыкновенно бываетъ и при различныхъ неорганическихъ предметахъ природы и явленіяхъ.

Ясно, что этотъ путь изслѣдованія въ существенныхъ чертахъ дедуктивный, какъ это большею частію единственно возможно въ весьма сложныхъ явленіяхъ природы. Необходимо прежде всего составить себѣ взглядъ на физико-химическіе процессы, которымъ, можетъ-быть, окажется подчиненнымъ разсматриваемое жизненное явленіе, а затѣмъ доказать путемъ наблюденія и опыта, что данное предположеніе не противорѣчитъ ни условіямъ, фактически имѣющимся въ организмѣ, ни слѣдствіямъ, которыя приходится вывести изъ этого предположенія.

Ученіе нео-виталистовъ придаетъ особо важное значеніе образованію формъ организмовъ,—не только внѣшнихъ формъ, но всего внѣшняго и внутренняго организованнаго строенія въ широкомъ смыслѣ слова. Даже весьма убѣжденные сторонники взгляда, что

всѣ процессы происходятъ въ организмѣ физико-химически, были все-таки столь же убѣждены, что данная форма, на которой и въ которой разыгрывается эта сумма процессовъ, сама не можетъ быть физико-химически постигнута. Непостижимость формъ съ механистической точки зрѣнія часто выставлялась на видъ и новѣйшими виталистами, съ дальнѣйшимъ утвержденіемъ, что только телеологическая оцѣнка можетъ вести къ пониманію формы.

Нельзя, конечно, отрицать, что формы, которыя достигаютъ въ мірѣ организмовъ такого чрезвычайно сложнаго развитія, обусловливающаго собою цѣлое организма, имѣютъ въ себѣ нѣчто своеобразное. Формы въ томъ смыслѣ, какъ онѣ встрѣчаются въ лицѣ организованныхъ индивидовъ, т.-е. такія формы, свойство которыхъ опредѣляется внутреннимъ комплексомъ условій, въ неорганической природѣ встрѣчаются лишь въ незначительномъ развитіи. Сюда можно отнести только формы равновѣсія жидкихъ тѣлъ и кристаллы. Такія формы представляютъ собою покоющееся состояніе тѣлъ. Покоющіяся состоянія или состоянія равновѣсія характеризуются въ причинномъ отношеніи собственно лишь тѣмъ, что не существуетъ никакихъ дѣйствующихъ причинъ для ихъ измѣненія и что это отсутствіе измѣняющихъ причинъ зависитъ отъ извѣстныхъ формальныхъ условій. Для жидкостей оно зависитъ отъ того, что сумма обоихъ взаимно-перпендикулярныхъ радіусовъ кривизны каждаго пункта поверхности повсюду одна и та же. У кристалловъ, безъ сомнѣнія, также существуютъ подобныя формальныя условія равновѣсія, которыя опредѣляютъ форму, по крайней мѣрѣ въ моментъ ея возникновенія. Если такое состояніе равновѣсія нарушается, то этимъ обусловливается проявленіе силъ или энергій (въ данномъ случаѣ энергіи поверхностей), которыя, при прочихъ достаточныхъ условіяхъ, возстановляютъ первоначальное состояніе.

Отсюда слѣдуетъ, что при такихъ форменныхъ состояніяхъ можно говорить собственно не о формообразующихъ силахъ или энергіяхъ, а лишь о формально-обусловливающихъ.

Другой извѣстный намъ родъ форменныхъ состояній въ неорганическомъ мірѣ представляютъ не покоющіяся, а подвижныя состоянія, постоянная форма которыхъ обусловливается равномѣрно-постояннымъ состояніемъ движенія измѣняющагося вещества. Примѣрами такихъ «динамическихъ форменныхъ состояній» служатъ водопадъ, рѣка, фонтанъ, пламя,— все такія форменныя состоянія, которыя часто были сравниваемы съ органическими формами. При состояніяхъ этого рода мы имѣемъ дѣло съ постоянно измѣняющимся, находящимся въ движеніи веществомъ, которое при наличности одинаковыхъ условій постоянно пробѣгаетъ одинаковый путь и такимъ образомъ обладаетъ постоянною динамическою формою равновѣсія.

Форменныя состоянія организмовъ, благодаря обмѣну веществъ въ нихъ, часто были сравниваемы съ динамическими состояніями равновѣсія. Мнѣ это кажется не идущимъ къ дѣлу, такъ какъ подобный быстрый и постоянный обмѣнъ вещества, который обусловливаетъ такія состоянія, навѣрное не лежитъ въ существѣ организма. Такое сравненіе тѣмъ менѣе удачно, что въ организмѣ мы часто видимъ сокращеніе обмѣна веществъ до минимума, даже до нуля, безъ измѣненія черезъ это его формы. При такихъ обстоятельствахъ мы не можемъ приравнять организованную форму къ динамическимъ состояніямъ равновѣсія, но должны въ принципѣ отнести ее къ покоющимся состояніямъ. Это вовсе не исключаетъ обмѣна веществъ. Капля жидкости можетъ испытывать измѣненіе или обмѣнъ вещества, не теряя формы своего равновѣсія; даже кристаллъ способенъ къ этому, какъ доказываетъ любой псевдоморфозъ.

Поэтому мнѣ кажется наиболѣе правильнымъ отнести организованныя формы къ разряду покоющихся формъ равновѣсія неорганической природы, съ тѣмъ ограниченіемъ, что постройтельныя вещества способны къ постепенному измѣненію, т.-е. при подходящихъ условіяхъ могутъ постепенно разлагаться и возобновляться; послѣднее происходитъ, однако, не такимъ образомъ, чтобы все вещество постоянно было объято измѣненіемъ.

Сложная органическая форма возникаетъ такимъ способомъ, который не имѣетъ аналогіи въ области неорганической, т.-е. она развивается. Исходя изъ простѣйшей формы равновѣсія, она проходитъ черезъ рядъ послѣдовательныхъ, усложняющихся состояній, которыя, однако, при продолжающихся достаточныхъ условіяхъ не стойки и переходятъ въ другія состоянія, пока, наконецъ, при нормальныхъ внѣшнихъ условіяхъ, не будетъ достигнута прочная форма равновѣсія. Какъ уже сказано, при возникновеніи неорганическихъ формъ мы не находимъ ничего, что можно было бы сравнить съ развитіемъ. Это, собственно, не можетъ насъ удивлять, такъ какъ и въ органическихъ формахъ развитіе лишь постепенно установилось съ возрастаніемъ сложности ихъ. Я, по крайней мѣрѣ, не вижу, какъ можно говорить о развитіи какого-нибудь микрококка: его размноженіе дѣленіемъ, мнѣ кажется, не болѣе можетъ быть названо развитіемъ, чѣмъ самостоятельное дѣленіе капли жидкости, наступающее при извѣстныхъ условіяхъ.

Если разсмотрѣть формы простѣйшихъ живыхъ существъ, то, признаюсь, онѣ мнѣ кажутся представляющими менѣе трудностей для пониманія, чѣмъ неорганизованные кристаллы. Для этихъ послѣднихъ дѣйствительное пониманіе до сихъ поръ достигнуто лишь въ смыслѣ доказательства, что, при извѣстныхъ предположеніяхъ относительно расположенія ихъ частицъ, можно усмотрѣть возможность именно тѣхъ кристаллическихъ системъ, какія мы дѣйствительно находимъ. Простѣйшія же живыя формы представляютъ собою шаровидныя образованія. Равнымъ образомъ и изолированныя клѣтки, напр., многія яйцевыя клѣтки, довольно часто повторяютъ эту простѣйшую форму равновѣсія жидкихъ тѣлъ. Такая форма менѣе трудна для пониманія, чѣмъ простѣйшая кристаллическая форма, если мы предположимъ, что она возникла какъ форма равновѣсія жидкаго состоянія живого вещества. Уклоняющіяся отъ шаровидности простѣйшія формы, напр., эллипсоидныя, цилиндрическія и другія, могутъ быть понятны путемъ предположенія (большею частію прямо доказуемаго), что въ этихъ случаяхъ существуетъ внѣшняя затвердѣвшая оболочка или слой, и что ихъ особенныя отношенія въ смыслѣ растяжимости, основывающіяся на неравномѣрной структурѣ или на иныхъ свойствахъ, при ростѣ ведутъ къ такимъ формамъ равновѣсія, которыя уклоняются отъ формы шара. Я считаю, поэтому, не невозможнымъ понять органическія формы, какъ формы равновѣсія, хотя это дѣйствительно достижимо лишь въ наипростѣйшихъ случаяхъ.

Если бы біо-механизму сдѣлали уступку, допустивъ, что возникновеніе простѣйшаго организма съ его формою и содержаніемъ на основѣ особыхъ физико-химическихъ условій не непонятно и не невозможно, то возникаетъ все-таки вопросъ: оправдывается ли такое допущеніе и для организмовъ высокой сложности, не ведетъ ли оно къ неразрѣшимымъ трудностямъ?

Приступая къ разрѣшенію этого вопроса, мы видимъ, что даже тѣ, которые, какъ Лотце, считаютъ явленія, происходящія въ данномъ готовомъ организмѣ, понятными не иначе, какъ съ точки зрѣнія физико-химической, на основѣ чрезвычайно сложныхъ формальныхъ и матеріальныхъ условій,—что даже и они убѣждены въ невозможности того, чтобы удивительное строеніе этой организованной и до такой тонкости гармоничной машины могло быть результатомъ случайнаго мѣстнаго совпаденія физико-химическихъ условій. Правда, Лотце нѣсколько ограничилъ это воззрѣніе: онъ былъ склоненъ допустить, что такое случайное возникновеніе простѣйшихъ организмовъ мыслимо и возможно; что, напротивъ, сложное гармоническое строеніе высшаго организма никакъ не можетъ быть дѣломъ случая.

Конечно, едва ли и найдется кто-нибудь, кто пожелалъ бы представить себѣ возникновеніе сложнаго организма въ видѣ внезапнаго случайнаго совпаденія сложныхъ физико-химическихъ условій

Очевидно, что при разсужденіяхъ этого рода весьма важное, даже рѣшающее значеніе имѣетъ понятіе о «случайномъ», о «случаѣ». Но это понятіе часто бывало опредѣляемо недостаточно точно, а съ другой стороны опредѣлялось весьма различно. Разсужденіе показываетъ прежде всего, что случайный процессъ или случайное временное или мѣстное совпаденіе (ибо понятіе о случаѣ одинаково примѣняется для обѣихъ этихъ возможностей) не означаетъ независимаго отъ условій или причинъ процесса или совпаденія. Такой процессъ или такое совпаденіе были бы «чудомъ». «Случайнымъ» же мы называемъ такой процессъ или такое совпаденіе, которые, несмотря на причинную обусловленность, въ коей мы вполнѣ убѣждены, вслѣдствіе условій сложныхъ и неизвѣстныхъ, измѣняющихся при повтореніи подобныхъ случаевъ, совершенно не поддаются вычисленію или разсчету и потому не могутъ быть предсказаны. Таковы, напримѣръ: мѣсто, на которомъ остановится брошенный на землю шаръ, или совпаденіе вытащеннаго при большомъ розыгрышѣ номера съ номеромъ билета, купленнаго извѣстнымъ лицомъ.

Понятіе о случаѣ мы ограничиваемъ въ томъ смыслѣ, что мы называемъ случаемъ не всякое совпаденіе, не поддающееся разсчету, именно тогда, когда оно повторяется съ правильностью и законностью. Такъ, мы не называемъ случайнымъ правильно повторяющееся совпаденіе опредѣленнаго комплекса свойствъ химическихъ элементовъ и ихъ соединеній, хотя появленіе именно такихъ-то комбинацій свойствъ въ общемъ стоитъ внѣ нашего разсчета и поэтому до сихъ поръ по крайней мѣрѣ имѣетъ для насъ случайный характеръ.

Осмотрѣвшись въ дѣйствительно существующемъ неорганическомъ мірѣ, мы находимъ въ немъ болѣе случайнаго, чѣмъ неслучайнаго. Если не считать астрономическихъ и метеорологическихъ явленій, которыя повторяются періодически, на основаніи простой законности, и наступленіе которыхъ мы можемъ предсказывать,—то всѣ естественные процессы и совпаденія имѣютъ болѣе или менѣе случайный характеръ, хотя, по нашему убѣжденію, они обусловлены причинами; различныя цѣпи причинъ, сходящіяся во времени или мѣстѣ, проходятъ независимо одна отъ другой, или же ихъ зависимость во времени настолько отдаленна, что она ускользаетъ отъ нашего познанія. Самая конфигурація земной поверхности, распредѣленіе суши и водъ, образованіе и размѣщеніе горъ и рѣкъ, образованіе облаковъ и т. д.,—все это кажется намъ результатами случая. То же самое относится и къ исторіи человѣчества: ея потрясающія событія, ея міровые дѣятели также представляются намъ продуктами случая, хотя и въ нѣсколько болѣе ограниченномъ смыслѣ. Это надо понимать такъ, что, напр., вообще облачность и безоблачность неба въ ихъ чередованіи не являются намъ случайными, но мѣстное образованіе облаковъ и ихъ особенная конфигурація—случайны; или, напр., случайна не вообще смерть, какъ конецъ жизни, но время, мѣсто и родъ этой смерти.

Въ частности по отношенію къ организму не разъ указывалось на то обстоятельство, что мы находимъ существенное отличіе случайныхъ процессовъ отъ цѣлесообразныхъ въ томъ, что первые встрѣчаются лишь однократно или только иногда, а вторые повторяются часто или всегда съ однимъ и тѣмъ же типическимъ эффектомъ. Конечно, вѣрно то, что мы не причисляемъ къ случайностямъ правильно повторяющіеся процессы или совпаденія, даже если они недоступны разсчету или непонятны; но если мы на этомъ признакѣ захотимъ основать противоположность между случайными и цѣлесообразными процессами, то это едва ли будетъ справедливо. Случайный процессъ вслѣдствіе частаго повторенія не сдѣлается, вѣдь, цѣлесообразнымъ, если онъ не имѣетъ характера цѣлесообразности въ единичномъ случаѣ. Противоположность цѣлесообразности есть нецѣлесообразность, а не случайность; дѣйствіе, происходящее всего одинъ разъ, можетъ быть все-таки весьма цѣлесообразнымъ.

Но такъ какъ одно изъ существеннѣйшихъ свойствъ живыхъ тѣлъ природы состоитъ

въ способности ихъ размножаться, то съ этой точки зрѣнія организмы представляются, вообще, въ особенномъ свѣтѣ. Никто, конечно, не помыслитъ, что прочное заселеніе нашей планеты организмами было бы вѣроятнымъ, если бы всѣ они не получили этой способности размноженія: въ такомъ случаѣ организмы, способные къ размноженію, безъ сомнѣнія, быстро вытѣснили бы тѣхъ, которые были бы лишены этой способности. Если же размноженіе, т.-е. увеличеніе числа индивидовъ, принадлежитъ къ отличительнымъ особенностямъ организма, то отсюда слѣдуетъ, что именно организмъ съ этой его способностью, хотя бы онъ и возникъ черезъ случайное совпаденіе физико-химическихъ условій, все-таки долженъ былъ бы существенно отличаться отъ случайныхъ продуктовъ въ неорганической области. Вѣдь возникшій такимъ образомъ организмъ былъ способенъ къ самоповторенію,—не въ томъ смыслѣ, чтобы повторялось данное случайное совпаденіе условій (хотя въ основномъ процессѣ ассимиляціоннаго умноженія живого вещества должно быть скрыто нѣчто подобное), но въ смыслѣ повторенія самаго продукта этого случайнаго событія, въ смыслѣ разложенія одного индивида на нѣсколько новыхъ индивидовъ.

Такимъ образомъ случайное возникновеніе способнаго къ размноженію организма возвышаетъ этотъ случайный продуктъ на степень чего-то прочнаго, правильно повторяющагося, а черезъ это у него, въ силу его постоянной правильной преемственности, отнимается характеръ случайности; послѣдній, однако, не относится непремѣнно и къ первому его возникновенію, которое вполнѣ можетъ быть случайнымъ.

Но что, если организмы имѣли иное происхожденіе, а не то, которое только-что было изложено? Напримѣръ, они могли быть вѣчны, т.-е. существовать со столь давняго времени, какое мы только можемъ себѣ вообразить. Но если допустить, что матеріальная природа организмовъ была подобна той, какую имѣютъ нынѣшніе организмы, которые и существовали вѣчно, то на нашей планетѣ они могли существовать только начиная съ извѣстнаго срока, и перенесеніе ихъ на землю мы можемъ себѣ представить лишь въ видѣ случайности. Если же принять, что первоначально существовали организмы совершенно иной матеріальной природы, то очевидно, что мы говоримъ собственно не о вѣчности организмовъ, а о вѣчной возможности условныхъ комбинацій различнѣйшаго рода, отношеніе которыхъ къ окружающему міру соотвѣтствуетъ тому, что мы называемъ жизненными явленіями. Организмы же той матеріальной природы, какую мы единственно знаемъ, должны были тогда опять-таки возникнуть изъ особой комбинаціи условій случайнаго характера. Если мы представимъ себѣ, что живыя существа какъ-нибудь связаны съ особыми закономѣрными процессами, какихъ не существуетъ въ неживой природѣ, то эти жизненные процессы все-таки должны происходить при извѣстныхъ физико-химическихъ условіяхъ, и осуществленіе этихъ условій мы можемъ представить себѣ только въ видѣ случая. Если, наконецъ, мы примемъ, что организмы возникли посредствомъ творческаго акта,—слѣдовательно, внѣ круга причинно-обусловленныхъ естественныхъ процессовъ, путемъ чуда, то возникновеніе ихъ тутъ то и принимаетъ наиболѣе характеръ случая; ибо такой творческій актъ не подлежитъ разсчету: мысли Творца недоступны нашему мышленію.

Поэтому кажется, что, какой бы путь мы ни избрали, мы не можемъ обойтись безъ допущенія случайнаго возникновенія живыхъ существъ на нашей планетѣ.

Не безъ основанія утверждаютъ, однако, что случайное возникновеніе сложнаго, удивительно цѣлесообразно построеннаго и работающаго организма немыслимо, абсурдно. Какъ геологическія событія не могли случайнымъ совпаденіемъ произвести Парѳенонъ, такъ же немыслимо, по этому мнѣнію, случайное возникновеніе высшаго организма. Какъ изобрѣтеніе паровой машины нельзя себѣ представить въ видѣ дѣтской игры случая, такъ же не годится подобное предположеніе и по отношенію къ такому организму. Но именно послѣдній примѣръ можетъ привести насъ въ нѣкоторое смущеніе. Можно именно спросить:

насколько случай играетъ роль въ человѣческомъ произведеніи искусства или въ конструкціи машины? Пожалуй, роль эта больше, чѣмъ обыкновенно думаютъ.

Въ общемъ можно опредѣлить машину, какъ человѣческое орудіе болѣе или менѣе простого или сложнаго рода, назначенное для того, чтобы передавать движенія человѣка или нѣкоторыхъ тѣлъ природы другимъ тѣламъ, извѣстнымъ образомъ измѣнять движенія и тѣмъ вызывать извѣстныя желаемыя дѣйствія. Было высказано мнѣніе, что машину мы столь же мало можемъ понять въ причинномъ или логическомъ смыслѣ, какъ и форму организма, то и другое представляетъ много аналогичнаго по отношенію къ ихъ постижимости, если мы обратимъ вниманіе на ихъ вѣроятное происхожденіе. Простѣйшія машины, орудія и приборы, напр., рычагъ, катокъ, клинъ, топоръ, горшокъ, столъ, стулъ,—человѣкъ случайно узналъ въ предметахъ природы, дѣйствія которыхъ онъ столь же случайно наблюдалъ или испыталъ, а затѣмъ могъ и предсказать эти дѣйствія и цѣлесообразно примѣнить ихъ. Болѣе сложныя машины произошли путемъ случайной ассоціаціонной комбинаціи простыхъ машинъ, напр., простыхъ полозьевъ, служившихъ для перевозки предметовъ, съ каткомъ. Затѣмъ послѣдовало испытаніе этихъ комбинацій, показавшее ихъ цѣлесообразность. Равнымъ образомъ, путемъ подобныхъ же процессовъ, можно вывести изобрѣтеніе колесъ. И паровая машина произошла не изъ готовой идеи, но изъ случайныхъ наблюденій надъ поднимающимъ дѣйствіемъ давленія пара и изъ долгаго, повторнаго пробованія новыхъ, случайныхъ, улучшающихъ и совершенствующихъ комбинацій, цѣлесообразность которыхъ была доказана лишь посредствомъ пробы или эксперимента. Всѣ нецѣлесообразныя комбинаціи быстро устранялись и пропадали, а цѣлесообразныя оставались. Поэтому каждая машина развивалась постепенно, исходя изъ случайныхъ опытовъ, посредствомъ ассоціаціонныхъ, интуитивныхъ, т.-е. не подлежащихъ разчету комбинацій, изъ которыхъ при осуществленіи сохранились только цѣлесообразныя, а нецѣлесообразныя не сохранились. Мы находимъ, поэтому, что при изобрѣтеніи машинъ случай, безъ сомнѣнія, былъ весьма существеннымъ факторомъ, и что ходъ развитія машинъ имѣетъ большое сходство съ постепеннымъ преобразованіемъ организмовъ тѣмъ путемъ, какой считаетъ вѣроятнымъ ученіе Дарвина. Разумѣется, въ области изобрѣтенія машинъ возможныя комбинаціи и конструкціи становятся тѣмъ обширнѣе, чѣмъ обильнѣе накопленный опытъ и чѣмъ шире пользуется имъ изобрѣтатель. Но все это знаніе есть продуктъ долгихъ случайныхъ опытовъ, комбинацій и сохраненія цѣлесообразнаго.

Еще одно слово о строителѣ или строителяхъ Парѳенона! Этотъ строитель самъ былъ случайнымъ явленіемъ, которое никоимъ образомъ не поддается разсчету и не повторяется. Но созданіе его было обусловлено долгою предшествующею эпохою развитія греческаго искусства, которое въ свою очередь основывалось на болѣе древнихъ предшественникахъ, Все цѣлесообразное и прекрасное, что случай произвелъ и передалъ черезъ геніальныхъ архитекторовъ съ ихъ также случайными идеями, все это составило ту основу, на которую опирался строитель Парѳенона и съ помощью которой онъ, будучи самъ случайнымъ явленіемъ (между прочимъ въ смыслѣ особенно развитаго чувства цѣлесообразнаго и прекраснаго), осуществилъ дальнѣйшій успѣхъ этого дѣла. Поэтому и здѣсь рѣчи быть не можетъ объ отсутствіи случая.

Слѣдовательно, ни въ области техники, ни въ области искусства или науки **одинъ** случай не можетъ произвести что-либо сложное: напротивъ, накопленіе—въ теченіе долгой эпохи развитія—случайныхъ комбинацій, удерживающихся вслѣдствіе ихъ пригодности или вслѣдствіе ихъ красоты, играетъ важную роль.

Такимъ образомъ я считаю вѣроятнымъ, несмотря на всѣ высказавшіяся возраженія, что случайно возникшій, способный къ самосохраненію и размноженію организмъ могъ прогрессировать до высшаго усложненія цѣлесообразныхъ функцій, пригодныхъ для его сохраненія, посредствомъ накопленія случайныхъ новыхъ комбинацій, которыя сохранялись

настолько, насколько онѣ были цѣлесообразны при данныхъ общихъ условіяхъ. Въ этомъ смыслѣ не одинъ случай повелъ къ возникновенію высшаго организма, а накопленіе многочисленныхъ отдѣльныхъ случаевъ при сохраненіи всего цѣлесообразнаго и годнаго къ поддержанію организма.

Какъ старый, такъ и новый витализмъ видитъ самое сильное оружіе противъ біомеханизма главнымъ образомъ въ широко развитой, удивительной цѣлесообразности организма, которой, какъ не разъ выражались, прямо нѣтъ границъ. Даже такіе убѣжденные сторонники чистой физико-химической дѣятельности организма, какъ Лотце и Клодъ-Бернаръ, видѣли себя вынужденными признать, что весь комплексъ условій, лежащихъ въ основѣ гармонически функціонирующаго организма, созданъ и управляется высшимъ, метафизическимъ или телеологическимъ принципомъ. Какъ уже замѣчено выше, по мнѣнію Лотце, высшій организмъ могъ произойти не путемъ случая, а отъ Творца; а Клодъ-Бернаръ полагаетъ, что метафизическій принципъ, нѣкая force vitale, которая сама по себѣ ничего не исполняетъ, такъ какъ въ организмѣ все обставлено физико-химическими условіями,—что эта force vitale урегулировала и привела въ гармонію эти условія, ибо отъ случая все это никакъ не могло зависѣть. «La force vitale... ne serait qu'une force legislative, mais nullement éxécutive».

Подобныя же воззрѣнія, которыя въ сущности сводятся къ предположенію соотвѣтствующаго принципа,—назовемъ ли мы его «цѣлестремительностью», «жизненною силою», «organisatrix», «созидательнымъ стремленіемъ» или какъ либо иначе,—были высказаны и нео-виталистами. Чтобы оцѣнить такія мнѣнія, прежде всего необходимо точно опредѣлить понятіе о «цѣлесообразности» и далѣе изслѣдовать, въ какой мѣрѣ цѣлесообразное встрѣчается въ мірѣ организмовъ.

Никто не будетъ отрицать, что понятіе о цѣлесообразности первоначально было заимствовано изъ области человѣческихъ дѣяній и притомъ дѣяній сознательно психическихъ. Цѣль есть представленіе желаемаго или, какъ также говорятъ, она есть мотивъ, психическое основаніе человѣческаго дѣйствія, которое обусловливаетъ выборъ пригодныхъ или непригодныхъ средствъ для исполненія дѣйствія. Дѣйствіе лишь постольку кажется намъ цѣлесообразнымъ, поскольку посредствомъ его дѣйствительно осуществляется поставленная цѣль. Какъ уже сказано, цѣль является, поэтому, мотивомъ или психическимъ основаніемъ человѣческаго дѣйствія.

Отсюда слѣдуетъ, однако, что цѣлесообразный процессъ или цѣлесообразное дѣйствіе въ строгомъ смыслѣ слова предполагаетъ сознаніе, содержащее въ себѣ опытъ; только на этой основѣ можетъ быть рѣчь о наступленіи представленія о цѣли и выборѣ пригодныхъ средствъ для исполненія дѣйствія. Въ переводѣ на физическій языкъ это сужденіе значитъ: цѣлесообразное дѣйствіе можетъ произойти лишь тамъ, гдѣ имѣется для него физическая основа въ видѣ высоко развитой нервной системы, съ которою координирована возможность имѣть запасъ опыта.

Поэтому для сужденія о томъ, цѣлесообразенъ ли данный процессъ или нѣтъ, требуется прежде всего знать цѣль этого процесса, и далѣе—дѣйствительно ли достигается эта цѣль даннымъ процессомъ, то-есть пущенными при этомъ въ ходъ средствами. Въ неорганической природѣ указаніе цѣлей есть нѣчто совершенно неопредѣленное, произвольное; можно лишь сказать въ концѣ концовъ, что здѣсь цѣль чего-либо происходящаго состоитъ именно въ томъ, что оно происходитъ. И въ органическомъ мірѣ, мнѣ кажется, если мы разсмотримъ организмъ въ цѣломъ со всѣми его жизненными процессами, также невозможно дать достаточно точнаго опредѣленія цѣли, ибо общая цѣль его опять-таки можетъ состоять лишь въ томъ, что данный организмъ существуетъ, поддерживается, сохраняется. Но это приблизительно то же, какъ если бы я сказалъ, что цѣль движенія планетъ состоитъ въ томъ, что онѣ существуютъ, сохраняются и вся планетная система поддержи-

вается въ томъ видѣ, какъ она есть. Точно такъ же я могъ бы рѣшиться высказать парадоксъ: смерть есть цѣль всего живого, такъ какъ каждый организмъ въ смерти находитъ свою конечную цѣль.

Цѣль становится яснѣе только тогда, когда мы принимаемъ во вниманіе отдѣльные органы и ихъ роль въ цѣломъ организмѣ. Хотя мы, правда, можемъ считать за собственную цѣль каждаго органа только ту роль, которую онъ дѣйствительно исполняетъ, но мы можемъ все-таки судить, цѣлесообразна ли или нецѣлесообразна эта роль для общей цѣли организма. Впрочемъ, при этомъ мы не должны забывать, что такое сужденіе о цѣлесообразности даннаго устройства или даннаго дѣйствія организма есть лишь заключеніе по аналогіи съ цѣлесообразными человѣческими произведеніями или дѣйствіями, т.-е. мы судимъ въ томъ смыслѣ, что по свойствамъ своимъ эти устройства или дѣйствія организма имѣютъ такой видъ, какъ-будто въ основѣ ихъ находится процессъ, подобный тому, который проявляется въ цѣлесообразномъ дѣяніи человѣка.

Но такое сужденіе объ организмѣ даетъ ли намъ право представлять себѣ отношенія зависимостей въ организмѣ въ той же формѣ, въ какой мы представляемъ себѣ зависимость человѣческихъ цѣлей и дѣйствій и результатъ ихъ? Другими словами: можемъ ли мы допустить, что цѣль органа есть мотивъ его возникновенія и его цѣлесообразной дѣятельности? Такая телеологическая оцѣнка организма по конечнымъ причинамъ (causae finales) имѣетъ глубокую давность, и въ нео-витализмѣ она снова выступила въ нѣсколько измѣненной формѣ. Но эта оцѣнка противорѣчитъ собственному понятію цѣли, которое именно состоитъ въ представленіи сознательной, пользующейся опытомъ разумности, которая, какъ мы знаемъ, координирована съ весьма усложненнымъ устройствомъ нервной системы и которую мы имѣемъ право допустить лишь тамъ, гдѣ мы встрѣчаемъ такія усложненія организаціи.

Поэтому допущеніе безсознательнаго разума, который обусловливалъ бы цѣлесообразные процессы или другой соотвѣтствующей формы дѣятельности, характерной для организмовъ, по моему мнѣнію есть ничѣмъ не оправдываемая описательная гипотеза. Цѣлесообразное дѣйствіе или цѣлесообразный процессъ съ одной стороны и сознаніе съ другой—такія явленія, которыхъ нельзя раздѣлять произвольно. Предполагая гипотетическій процессъ, цѣлесообразный, но безсознательный, я принимаю за основу объясненія не такую форму процессовъ, которая была бы извѣстна эмпирически, но нѣчто произвольно придуманное, уже содержащее въ себѣ то, что требуетъ объясненія, а именно цѣлесообразное устройство и цѣлесообразную функцію организма. Такой процессъ можно было бы допустить лишь тогда, если бы опытъ показывалъ намъ, что цѣлесообразная реакція дѣйствительно всегда составляетъ форму происходящихъ въ организмѣ процессовъ.

Выше мы поставили вопросъ: настолько ли неограниченна цѣлесообразность въ организмахъ, какъ это часто утверждается? Нѣкоторые полагаютъ даже, что цѣлесообразная реакція на внѣшнія воздѣйствія есть именно настоящая характерная черта организма. Мнѣ эта цѣлесообразность представляется вовсе не такою всеобъемлющею, какъ обыкновенно утверждаютъ защитники телеологическихъ воззрѣній. Здѣсь мы не можемъ подробно обсуждать все дителеологическое, нецѣлесообразное или безцѣльное, что встрѣчается въ организмахъ; укажу лишь на немногое. Цѣлесообразныя реакціи на внѣшнія воздѣйствія обыкновенно происходятъ лишь внутри извѣстныхъ границъ напряженности раздраженій, т.-е. въ тѣхъ предѣлахъ, въ какихъ обыкновенно встрѣчаются эти воздѣйствія въ естественной средѣ организма. Если же воздѣйствія преступаютъ обычныя границы, то часто, даже большею частью, происходитъ нѣчто нецѣлесообразное. Такое явленіе состоитъ въ противорѣчіи съ присущею организму способностью цѣлесообразной реакціи, но вполнѣ отвѣчаетъ тому взгляду, что цѣлесообразная реакція есть продуктъ постепеннаго развитія подъ регулирующимъ вліяніемъ внѣшнихъ воздѣйствій. Тогда понятно, что ненормальныя

раздраженія, лишь рѣдко и единично встрѣчающіяся въ естественной средѣ, не могли обусловить постоянныхъ регулятивныхъ и цѣлесообразныхъ реакцій.

Далѣе я могъ бы указать на неопровержимый фактъ, что въ теченіе исторіи земли множество живыхъ формъ вымерли; вымерли именно потому, что онѣ не могли видоизмѣниться цѣлесообразно, для своего сохраненія, при данныхъ условіяхъ и соотвѣтственнымъ образомъ реагировать на измѣнившіяся отношенія. Этотъ фактъ, по моему мнѣнію, нельзя примирить съ тѣмъ воззрѣніемъ, по которому организму сама по себѣ присуща способность реагировать цѣлесообразно въ видахъ сохраненія организма. Допускать же произвольное ограниченіе цѣлесообразной реакціи значитъ, на мой взглядъ, противорѣчить принципу.

Наконецъ, позволю себѣ коснуться еще одного пункта. Защитники безсознательнаго дѣйствующаго принципа въ организмѣ являются противниками Дарвинова ученія, которому они ставятъ въ упрекъ, что оно, будто бы, не въ состояніи объяснить въ достаточной степени всю широкую цѣлесообразность въ организмахъ. Однакоже, именно сторонники этого взгляда часто возражали дарвинистамъ, что въ живыхъ существахъ есть много такихъ частностей организаціи, для которыхъ нельзя доказать цѣлесообразнаго значенія. Это бросилось въ глаза, повидимому, уже Шопенгауэру, послѣдовательному сторонніку телеологическаго объясненія, и заставило его нѣкоторымъ образомъ установить предѣлъ, за которымъ телеологическій принципъ перестаетъ быть дѣйствительнымъ. Итакъ, дарвинизму ставятъ въ вину, что онъ неспособенъ объяснить возникновеніе многихъ частностей организаціи, такъ какъ цѣль ихъ неизвѣстна; и это дѣлаютъ большею частью именно тѣ, которые съ другой стороны настаиваютъ, что цѣлесообразная реакція есть общее свойство живыхъ существъ. Я думаю, однакоже, что дарвинизмъ очень легко можетъ примириться съ фактомъ существованія многаго нецѣлесообразнаго въ организмѣ, лишь бы нецѣлесообразное не было вреднымъ. Но съ другой стороны я не вижу, какимъ образомъ можно примирить воззрѣніе, согласно которому природная цѣлесообразная реакція составляетъ сущность организма, съ очевидною нецѣлесообразностью многихъ частностей организаціи.

Главнымъ пунктомъ вопроса относительно значенія цѣлесообразности въ организмѣ для механическаго и виталистическаго воззрѣнія является возможность или невозможность объяснить возникновеніе цѣлесообразности на механической основѣ. Единственная попытка такого объясненія сдѣлана Дарвиномъ, вмѣстѣ съ удачными или неудачными модификаціями, сдѣланными въ его ученіи съ теченіемъ времени. Для нашей точки зрѣнія на біо-механизмъ, слѣдовательно, важно признать или отвергнуть ученіе Дарвина или иное основное ученіе, стремящееся къ той же цѣли. Но здѣсь намъ невозможно предпринять критическое изслѣдованіе дарвинизма. Я могу здѣсь лишь выразить мое личное убѣжденіе, что, несмотря на якобы уничтожающія возраженія противъ Дарвиновой теоріи, высказанныя въ послѣдніе годы, я считаю это ученіе, совмѣстно съ теоріею наслѣдованія исключительно зародышевыхъ варіацій, за весьма возможное объясненіе, даже наиболѣе вѣроятное въ сравненіи съ другими объясненіями.

Каждое телеологическое опредѣленіе организма и его развитія должно вести къ выводу, что подлежащая достиженію конечная цѣль или цѣль созидающагося образованія играетъ здѣсь подобную же роль, какъ цѣль или цѣловой мотивъ при цѣлесообразномъ дѣйствіи. Такъ, убѣжденный виталистъ Шопенгауэръ замѣтилъ: «мы можемъ смѣло высказать, что конечная причина есть мотивъ, дѣйствующій на существо, которымъ онъ не познается. Гнѣзда термитовъ суть мотивъ, поведшій къ образованію длиннаго языка муравьѣда». «Конечная причина и causa efficiens, дѣйствующая причина, именно совпадаютъ въ цѣлевомъ мотивѣ».

Разсмотримъ этотъ случай также съ механистической точки зрѣнія, допустивъ предположенія, дѣлаемыя для его объясненія Дарвиновымъ ученіемъ. Согласно этому ученію

нѣкоторыя варіаціи, зависѣвшія отъ неизвѣстныхъ, точнѣе измѣнившихся условій, повели къ удлиненію языка у предковъ муравьеѣда. Но не отъ одного этого зависѣло, что нынѣшніе муравьеѣды имѣютъ столь сильно удлиненные языки: должно было присоединиться дальнѣйшее условіе, именно существованіе термитныхъ гнѣздъ, благодаря которымъ длинный языкъ и дѣлается полезнымъ. Такимъ образомъ послѣднее условіе оказывается столь же важнымъ для существованія удлиненнаго языка нынѣ живущихъ муравьеѣдовъ, какъ и условіе существованія варіацій. Такимъ образомъ и по Дарвину гнѣзда термитовъ составляютъ существенную обусловливающую причину для удлиненнаго языка; правда, они не имѣютъ значенія дѣйствующей причины (термитныя гнѣзда не доставляютъ, напр., энергіи для роста языка); они не играютъ также роли раздраженія или разряжающей причины. Но все-таки они оставляютъ необходимое условіе для сохраненія длиннаго языка. Въ этомъ смыслѣ въ комплексъ условій входитъ, въ качествѣ важной составной части, и Шопенгауэровъ мотивъ; только мы не можемъ считать данный процессъ,—какъ и всякій другой,—зависимымъ отъ одного единственнаго условія: онъ зависитъ отъ комплекса совпадающихъ условій одинаковой необходимости.

Уже въ предыдущемъ мы нѣсколько разъ упоминали о попыткахъ нѣкоторыхъ біологовъ доказать, что въ организмахъ существуетъ особый родъ причинныхъ процессовъ или причинной зависимости, въ чемъ, по ихъ мнѣнію, и обнаруживается фундаментальное различіе между живымъ и не живымъ. Такъ, Пфлюгеръ (1877) пытался показать, что въ организмѣ господствуетъ своеобразный «телеологическій причинный законъ», отношенія зависимости котораго могли бы быть выражены слѣдующей схемою: «причина каждой потребности живого существа есть въ то же время причина удовлетворенія потребности». Этотъ телеологическій причинный законъ изъясняется главнымъ образомъ на примѣрѣ того общеизвѣстнаго явленія, что интензивное свѣтовое раздраженіе, попадающее въ глазъ и имѣющее слѣдствіемъ съ одной стороны нарушеніе функціонированія глаза, съ другой стороны обусловливаетъ суженіе зрачка, которое исправляетъ нарушеніе функціи органа. Говоря при этомъ о «потребности» и «удовлетвореніи» ея, Пфлюгеръ вводитъ въ разбираемый процессъ нѣчто такое, чего въ немъ нѣтъ. Фактически слѣдствіемъ сильнаго свѣтового раздраженія является лишь непріятное ощущеніе въ глазу и недостаточное зрѣніе; но чтобы слѣдствіемъ этого была потребность въ исправленіи или регулировкѣ этихъ явленій, это лишь сужденіе о томъ, что мы считаемъ желательнымъ для функціонирующаго такимъ образомъ глаза. Что суженіе зрачка есть удовлетвореніе потребности, это также сужденіе, основанное на предыдущемъ сужденіи о существующей потребности. Такая же аргументація можетъ быть приложена къ каждому регулятивному устройству какой-либо машины. Слишкомъ высокое давленіе пара въ паровой машинѣ обусловливаетъ слишкомъ быстрый ходъ машины, что мы можемъ опредѣлить, какъ потребность въ исправленіи, въ уменьшеніи быстроты. Но одновременно открывается и регуляторъ, и паровое давленіе падаетъ, что мы можемъ разсматривать, какъ удовлетвореніе. Въ этихъ случаяхъ мы имѣемъ дѣло съ причиною (измѣненіе одного изъ совокупныхъ причинъ), за которою слѣдуютъ два различныя дѣйствія: изъ нихъ одно измѣняетъ условія такъ, что другое дѣйствіе регулируется. Такой двойной результатъ возможенъ лишь благодаря устроенной особеннымъ образомъ системѣ условій, примѣръ которой мы видимъ въ паровой машинѣ съ ея регуляторомъ. Пфлюгеръ представляетъ себѣ и этотъ телеологическій причинный законъ, какъ нѣчто, возникшее «механически». Онъ говоритъ: «какъ возникла эта телеологическая механика,—остается одной изъ самыхъ высокихъ и темныхъ проблемъ». Но съ другой стороны онъ, повидимому, допускаетъ, что эта механика возникла съ самаго начала, какъ особенная способность и законность, вмѣстѣ съ первою живою матеріею, такъ что, слѣдовательно, цѣлесообразная реакція есть постоянное и правильное явленіе въ живой матеріи. Такъ какъ я считаю такое закономѣрное и цѣлесообразное реагированіе недоказаннымъ и недоказуе-

мымъ,—какъ уже сказано выше,—то я считаю недоказанною и телеологическую причинность Пфлюгера. По моему, и съ механистической точки зрѣнія, вообще, умѣстно слѣдующее сужденіе: «среди возможныхъ реакцій живой матеріи на внѣшнія воздѣйствія нашлись такія, которыя были цѣлесообразны; онѣ и удержались, такъ какъ только онѣ одни были способны къ долгому существованію».

На этотъ законъ Пфлюгера во многихъ отношеніяхъ похоже воззрѣніе Коссманна, допускающее особые «біологическіе процессы» въ организмѣ, въ противоположность причиннымъ процессамъ. Коссманнъ, считающій причинность за апріористическую форму воззрѣнія, находитъ въ живомъ мірѣ особый телеологическій законъ природы, выражаемый слѣдующею формулою «за нѣкоторымъ явленіемъ *c*, которое измѣнчиво, слѣдуетъ другое явленіе *d*, которое также измѣнчиво, а за нимъ явленіе *e*, которое бываетъ одинаково у различныхъ индивидовъ и въ различное время». Этотъ трехчленный процессъ, будто бы, характеризуетъ организмы; телеологичность его выражается собственно въ томъ, что средній членъ *d* или medium одинаково зависитъ отъ предшествующаго члена *c* (antecedens), какъ и отъ послѣдующаго члена *e* (succedens). Въ этомъ, разумѣется, выражается нѣчто противоположное причиннымъ процессамъ. Именно, если succedens, т.-е. послѣдующее, вліяетъ на medium, т.-е. на предшествующее, такъ что причина зависитъ отъ дѣйствія, то это совершенно противоположно причинной зависимости и, собственно, противорѣчитъ также истинной телеологической зависимости.

Но прежде всего разсмотримъ поближе этотъ трехчленный телеологическій процессъ на какомъ-нибудь данномъ примѣрѣ, такъ какъ лишь тогда вполнѣ выяснится, какъ Коссманнъ себѣ его представляетъ. Для этого мы избираемъ разсмотрѣнный уже Пфлюгеромъ примѣръ суженія зрачка въ отвѣтъ на сильное свѣтовое раздраженіе. По Коссманну трехчленная схема представится здѣсь въ слѣдующемъ видѣ:

c (antecedens) свѣтовое раздраженіе и организмъ.	(измѣнчивы)	*d* (medium) рефлексъ (измѣнчивъ)	*e* (succedens) защита (постоянна)

Что здѣсь собственно понимается подъ medium или рефлексомъ, по-моему, неясно: внутренній ли нервный процессъ, ведущій къ суженію зрачка, или послѣдній процессъ самъ по себѣ, или оба они вмѣстѣ? Ясно, однако, одно,—именно, что фактическимъ слѣдствіемъ, которое обусловливается свѣтовымъ раздраженіемъ, является лишь суженіе зрачка; то же, что Коссманъ вводитъ подъ именемъ третьяго члена или succedens, т.-е. «защита», есть обстрактное понятіе, которое, конечно, не содержится въ дѣйствительномъ процессѣ. Эта защита есть, вѣдь, только наше сужденіе о значеніи или цѣли суженія зрачка для организма. Вводя такое обстрактное понятіе, какъ succedens, въ свою трехчленную схему, Коссманъ приходитъ къ заключенію, что succedens постоянень, такъ какъ понятіе, разумѣется, есть нѣчто постоянное: напротивъ, то, что собственно обусловливается свѣтовымъ раздраженіемъ, т.-е. суженіе зрачка, прямо увеличивается или уменьшается вмѣстѣ съ свѣтовымъ раздраженіемъ. Но какъ medium можетъ зависѣть отъ succedens, который есть понятіе?

Аргументируя подобнымъ образомъ, въ каждомъ процессѣ разряженія, въ каждомъ регулятивномъ процессѣ какой-либо машины мы найдемъ ту же характерную трехчленную схему, какъ покажутъ слѣдующіе примѣры. Если мы разсмотримъ случай паденія съ извѣстной высоты, вслѣдствіе толчка, спокойно лежащей гири, то мы будемъ имѣть:

antecedens разряжающая причина (толчокъ) гиря	(измѣнчивы)	medium состояніе отягощенія гирею, недостатокъ задержки	(измѣнчивы)	succedens паденіе (постоянно)

Или, въ случаѣ паровой машины:

antecedens	(измѣнчивы)	medium	(измѣнчиво)	succedens
паровое давленіе клапанъ		открываніе клапана		защита, безопасность (постоянны)

Уже Э. Альбрехтъ справедливо замѣтилъ, что каждое явленіе разряженія совершается въ формѣ трехчленной цѣпи, какъ и мы уже отмѣтили это выше.

Суженіе зрачка при сильномъ свѣтовомъ раздраженіи мы считаемъ полезнымъ для организма. Ясно, что это есть сужденіе о значеніи даннаго процесса для организма. Фактически суженіе или расширеніе зрачка въ соотвѣтствіи со свѣтовымъ раздраженіемъ имѣетъ слѣдствіемъ то, что организмъ можетъ видѣть приблизительно одинаково хорошо при колебаніи свѣтовой силы въ извѣстныхъ предѣлахъ. Итакъ, насколько внѣшнія условія были таковы, что подобное устройство могло обусловить сохраненіе снабженныхъ имъ индивидовъ въ противоположность прочимъ,—т. е., что сохранялось такое устройство, которое мы опредѣляемъ, какъ защиту, — настолько можно было бы сказать, что данныя условія вызвали такую защиту, а потому она, по нашему опредѣленію, появилась въ качествѣ обусловливающей причины при возникновеніи рефлексовъ зрачка, но, конечно, не путемъ обратнаго дѣйствія, а, какъ всякая обусловливающая причина, ранѣе дѣйствія. Точно такъ же при устройствѣ клапана паровой машины мы разсматриваемъ сужденіе о необходимости защиты, какъ обусловливающій мотивъ дѣйствій изобрѣтателя; но при этомъ сужденіе также не имѣло обратнаго дѣйствія, а лишь обусловило собою послѣдующее, какъ это бываетъ въ каждомъ причинномъ процессѣ.

Коссманнъ сознаетъ, что его телеологическій законъ природы вовсе не представляетъ собою настоящаго телеологическаго процесса, такъ какъ при послѣднемъ цѣль желаемаго выступаетъ въ качествѣ мотива дѣйствія, какъ основаніе, предшествующее ему во времени. Но Коссманнъ стремится освободить телеологію именно отъ этого существеннаго признака, который, по его мнѣнію, отличается антропоморфизмомъ. Изъ понятія телеологіи необходимо, по Коссманну, удалить понятіе о «желаніи», какъ ученіе о причинности должно быть освобождено отъ понятія о «необходимости». Но это сравненіе между причинностью и телеологіею совершенно неумѣстно. Ученіе о причинности вовсе не содержитъ въ себѣ понятія о необходимости, которое заимствуется изъ психической области; поэтому нечего и освобождать его отъ этого понятія. Представленіе о причинности содержитъ въ себѣ не болѣе, какъ нашъ опытъ относительно закономѣрной зависимости явленій; о «необходимости», въ смыслѣ психической несвободы, здѣсь нѣтъ и рѣчи.

Другое дѣло —телеологическіе процессы. Что телеологическое мышленіе не есть апріористическая форма воззрѣнія, одинаково необходимая и оправдываемая рядомъ съ причинностью,— это по моему мнѣнію явствуетъ уже изъ того (не говоря о прочемъ), что сами защитники телеологіи по-просту пренебрегаютъ телеологическимъ мышленіемъ по отношенію къ неживому міру. А между тѣмъ, если бы мы имѣли дѣло съ двумя формами воззрѣнія, свойственными a priori нашему разуму и одинаково законными, то совершенно непонятно было бы, почему телеологическое разсужденіе внезапно прекращается, какъ только мы коснемся неорганическаго міра. И самъ Коссманнъ держится мнѣнія, что его телеологическій законъ природы имѣетъ значеніе только для живого міра.

Устраняя, однако, цѣль, какъ мотивъ процесса, онъ, какъ уже сказано, уничтожаетъ телеологическій характеръ своего особеннаго біологическаго процесса и создаетъ изъ него какой-либо особо придуманный для объясненія жизненныхъ явленій процессъ, который не обусловленъ психо-телеологически и стоитъ въ противорѣчіи съ причинностью.

Но можно было бы сказать, что и причинная зависимость столь же непостижима, какъ и такъ называемая телеологическая. Это совершенно справедливо. Мы не постигаемъ причинную зависимость: мы знаемъ только, что она существуетъ. Такъ ли же точно обстоитъ

дѣло съ телеологической зависимостью? Это было бы такъ, если бы мы повсюду встрѣчали въ организмѣ исключительно цѣлесообразное реагированіе,—чего, однако, вовсе нѣтъ: рядомъ съ цѣлесообразными реакціями бываютъ и нецѣлесообразныя.

Развѣ въ пользу такой общности закона цѣлесообразной реакціи говоритъ, напр., тотъ фактъ, что, если вынуть хрусталикъ у тритона, то у него образуется новый функціонирующій хрусталикъ, а у близко родственной ему лягушки вновь образующійся хрусталикъ негоденъ къ употребленію? Или, напр., разрѣзанный дождевой червь легко возстановляетъ утраченныя части, а разрѣзанная круглая глиста къ этому совершенно неспособна. Регенерація утраченныхъ частей для каждаго организма была бы навѣрное весьма цѣлесообразна, а такъ какъ во многихъ случаяхъ она въ широкихъ размѣрахъ осуществляется, то непонятно, почему она въ столь же многихъ случаяхъ не происходитъ, если цѣлесообразная реакція есть законъ для происходящихъ въ организмѣ процессовъ. Если же намъ скажутъ, напр., что организмъ всегда стремится реагировать цѣлесообразно, насколько лишь это позволяютъ ему разныя препятствія, то выходитъ, что высказывается въ сущности то же воззрѣніе, котораго держимся и мы, говоря, что организмъ при данныхъ условіяхъ исполняетъ то, что онъ можетъ исполнить, и что именно отъ его способностей зависитъ можетъ ли онъ существовать при измѣненныхъ условіяхъ. Извѣстная сумма цѣлесообразныхъ реакцій и составляетъ именно необходимое условіе для долгаго сохраненія вида.

Разсужденія о зародышевыхъ и возобновительныхъ процессахъ привели и Дриша (1899) къ признанію особой «своеобразной законности, виталистической причинности», которая нѣсколько напоминаетъ телеологическій законъ природы Коссманна. Но слѣдуетъ отмѣтить, что соображенія Дриша свободны отъ недостатковъ теоріи Коссманна, которые были замѣчены Дришемъ. Въ доказательствѣ такой характерной виталистической дѣятельности, которая «не подчинена причиннымъ формамъ связи неорганическихъ явленій, но координирована съ ними», Дришъ усматриваетъ цѣль, къ которой онъ давно стремился, и считаетъ, соотвѣтственно этому, свое прежнее допущеніе «машинной теоріи» организма за догматическое заблужденіе.

Исходный пунктъ его разсужденія составляетъ такъ называемая «проблема локализаціи» гармонически-равноспособныхъ системъ, т. е. такихъ способныхъ къ развитію системъ, которыя при экспериментальномъ испытаніи (путемъ оперативнаго устраненія нѣкоторыхъ частей) показываютъ, что дѣеспособность каждой подчиненной части или способность ея къ развитію такова же, какъ дѣеспособность или способность къ развитію цѣлаго организма,—или, какъ выражается Дришъ, такихъ системъ, въ которыхъ каждая часть обладаетъ одинаковою «проспективною потенціею». Къ такимъ системамъ принадлежатъ, напр., зачатокъ кишечника личинки морского ежа или стволъ полипа тубулярiи. Упомянутый зачатокъ кишечника при своемъ дальнѣйшемъ развитіи расчленяется двумя кольцеобразными перетяжками, появляющимися на извѣстныхъ мѣстахъ, на три части. Стволъ же тубулярiи, напротивъ, можетъ возстановить новый полипъ на каждомъ искусственномъ поперечномъ разрѣзѣ, соприкасающемся съ окружающей средой. При этомъ оказывается далѣе, что обѣ перетяжки кишки морского ежа всегда показываются правильно на надлежащемъ мѣстѣ кишечника (локализація), какъ различна ни была бы величина зачатка этого органа. Въ частности это происходитъ и тогда, когда зачатокъ кишки искусственно уменьшенъ оперативнымъ вмѣшательствомъ. То же въ общемъ происходитъ и при возстановленіи конца стволика тубулярiи по отношенію къ правильному распредѣленію зачатковъ органовъ, особенно въ такихъ случаяхъ, когда возстановляемыя части стволика очень коротки, даже короче, чѣмъ нормально возстановляющіеся полипы.

Это-то правильное приспособленіе вновь возникающихъ частей, эта правильная локализація новообразованій, располагающихся въ должномъ соотвѣтствіи съ нормальными отношеніями будущаго цѣлаго, и составляетъ локализаціонную проблему Дриша. Онъ

полагаетъ, что такіе процессы не могутъ зависѣть отъ тѣхъ формъ дѣйствія, которыя мы видимъ въ неорганической природѣ и которыя были бы недостаточны для объясненія данныхъ явленій. Такой суммы процессовъ, какая выражается въ локализаціонной проблемѣ, въ неорганической природѣ, по Дришу, вообще, не бываетъ, а потому она представляетъ собою нѣчто свойственное только организму, нѣчто виталистическое. Особенность этихъ процессовъ обнаруживается въ томъ, что они зависятъ не только отъ предшествующей во времени причины, каковою для тубуляріи является операція (въ ея специфичности по роду и количеству), но и отъ послѣдующаго во времени конечнаго-результата, конечнаго состоянія, къ которому стремится ходъ развитія, обусловленнаго причиною (операціею). Такой способъ сцѣпленія зависимостей называется «приспособленнымъ» или «отвѣтнымъ» процессомъ и изъясняется слѣдующимъ образомъ: «каждой (соотвѣтственно ея количеству) специфической причинѣ (операціи) соотвѣтствуетъ (въ смыслѣ локализаціи) типическое дѣйствіе, дѣлающее возможнымъ конечное достиженіе данной цѣли».

Если бы такой родъ процессовъ дѣйствительно не имѣлъ ничего аналогичнаго въ неорганической природѣ, то, пожалуй, нельзя было бы оспаривать, что онъ доказываетъ рѣзкую противоположность между органическимъ и неорганическимъ міромъ. Но мнѣ кажется, что эта противоположность не такъ велика. Если мы, прежде всего, разсмотримъ простую разряжающую причину, о которой Дришъ почему-то не говоритъ подробнѣе при своемъ сравнительномъ обсужденіи причинныхъ зависимостей неорганическихъ тѣлъ,—то также окажется, что при разряженіи одинаково мы имѣемъ дѣло «не съ цѣлымъ или частичнымъ повтореніемъ причины», которое Дришъ принимаетъ для неорганическихъ причинныхъ зависимостей, а съ «типическимъ дѣйствіемъ, которое дѣлаетъ возможнымъ конечное достиженіе данной цѣли». Эта данная цѣль, при измѣненныхъ условіяхъ, составляющихъ дѣйствіе разряжающей причины, есть возможное новое состояніе равновѣсія. Если при такихъ новыхъ условіяхъ возможно только одно опредѣленное состояніе равновѣсія, то именно только оно и можетъ постоянно наступать. За то при разряжающей причинѣ въ общемъ смыслѣ слова мы не находимъ «типическаго дѣйствія въ смыслѣ локализаціи», зависимаго отъ разряжающей причины. Но и для этой стороны явленія можно найти аналогію въ неорганической области.

Организованныя формы суть формальныя состоянія равновѣсія; поэтому аналогіи съ ними мы должны также искать среди неорганическихъ формальныхъ состояній равновѣсія. Шарообразную форму капли, какъ состояніе равновѣсія жидкаго тѣла, мы можемъ подвергнуть операціи черезъ отнятіе части этого шарика, послѣ чего остатокъ снова возстановляетъ свою шарообразную форму. Если въ этомъ случаѣ, слѣдуя Дришу, мы обозначимъ отнятіе части капли, какъ причину, то, по моему мнѣнію, мы можемъ сказать и для этого процесса, что каждой специфической (по ея количеству) причинѣ соотвѣтствуетъ типическое (по локализаціи) дѣйствіе, дѣлающее возможнымъ достиженіе данной цѣли. Здѣсь данная цѣль есть нормальная форма равновѣсія жидкостей, т.-е. шаръ; типическое по локализаціи дѣйствіе соотвѣтствуетъ количеству специфической причины, такъ какъ остающаяся часть должна приноровить свои преобразующія движенія къ величинѣ отрѣзанной части капли, чтобы достигнуть данной цѣли. Характеръ происходящихъ здѣсь процессовъ таковъ, каковъ бываетъ характеръ процессовъ разряженія. Отнятая часть капли по отношенію къ остатку ея сыграла роль задержки натянутой пружины; когда я отнимаю эту часть, то остальная часть, не находящаяся болѣе въ равновѣсіи, переходитъ въ новое состояніе равновѣсія, причемъ освобождается энергія, т.-е. прежняя причина, потенціально дѣйствующая въ данной системѣ, обнаруживаетъ свое дѣйствіе.

Еще яснѣе аналогія съ такъ называемымъ приспособительнымъ процессомъ выступаетъ въ слѣдующемъ случаѣ. Если капля жидкости при подходящихъ условіяхъ вытяги-

вается въ нить, то она принимаетъ прежде всего цилиндрическую форму, а затѣмъ, когда частное отъ дѣленія длины ея на діаметръ сдѣлается равнымъ π или болѣе, переходитъ въ новое состояніе равновѣсія: распадается на нѣкоторое число шариковъ равной величины, расположенныхъ одинъ за другимъ на равныхъ разстояніяхъ, такъ что каждый кусокъ цилиндра, длина котораго равна его поперечнику, преобразуется въ шаръ *). Поэтому число шаровъ зависитъ отъ отношенія діаметра распадающагося цилиндра въ его длинѣ. Если теперь мы возьмемъ два цилиндра различной величины, но со сходнымъ отношеніемъ между длиною и шириною, и растянемъ ихъ въ одинаковой степени, то они распадутся на одинаковое число одинаково расположенныхъ (локализованныхъ) шаровъ, причемъ количество растягивающей причины въ обоихъ случаяхъ специфически различно. Слѣдовательно, этотъ случай протекаетъ аналогично расчлененію кишки морского ежа на три части или правильной локализаціи зачатковъ органовъ возстановляющей тубуляріи при различной величинѣ исходнаго объекта. И здѣсь мы находимъ «специфически различную по количеству причину, которой соотвѣтствуетъ типическое по локализаціи дѣйствіе, дѣлающее возможнымъ конечное достиженіе данной цѣли».

Кристаллы также представляютъ собою формальныя состоянія равновѣсія неорганическихъ тѣлъ. Какъ извѣстно, при подходящихъ внѣшнихъ условіяхъ (а подходящія условія всегда необходимы и при регенераціи организмовъ) кристаллы могутъ обнаруживать явленія регенераціи. Существенное отличіе въ сравненіи съ организмами состоитъ здѣсь въ томъ, что организмы могутъ регенерировать и безъ доставленія новаго вещества, пользуясь уже имѣющимся въ нихъ (какъ въ случаѣ капель жидкости), тогда какъ условіемъ для регенераціи кристалла является всегда доставка новой субстанціи. Кристаллъ можетъ возстановляться лишь путемъ роста. Это, во всякомъ случаѣ, зависитъ отъ того, что кристаллическая форма равновѣсія обусловливается жидкимъ состояніемъ субстанціи, предшествующимъ ея затвердѣнію. Какъ только послѣднее наступило, то равновѣсіе существуетъ уже независимо отъ формы, какъ во всякомъ твердомъ тѣлѣ.

Изъ любой частички кристалла при подходящихъ условіяхъ можетъ образоваться новый кристаллъ съ типически расположенными гранями, углами и ребрами. Въ этомъ отношеніи мы можемъ назвать кристаллъ гармонически-эквипотенціальною системою. Если мы возьмемъ маленькую частичку, то образуется маленькій кристалликъ съ правильно расположенными поверхностями, ребрами и углами; если возьмемъ большую частицу, то образуется соотвѣтственно бо́льшій кристаллъ съ тѣмъ же правильнымъ расположеніемъ плоскостей въ увеличенномъ масштабѣ. Если мы отломимъ кусокъ отъ кристалла, то при подходящихъ условіяхъ удаленная часть возстановится и притомъ въ большемъ или меньшемъ объемѣ, смотря по величинѣ дефекта, такъ что нормальная форма снова возстановится. Поэтому въ кристаллѣ мы также имѣемъ такое формальное состояніе равновѣсія, которое, при благопріятныхъ условіяхъ, снова возстановляется послѣ нарушенія его дефектами, и при которомъ «типическое дѣйствіе», производимое для созданія новой формы равновѣсія, зависитъ отъ величины дефекта, тогда какъ сама форма опредѣляется внутреннимъ комплексомъ условій исходной системы, допускающимъ при данныхъ условіяхъ именно это и только это состояніе равновѣсія.

По моему мнѣнію подобнымъ же образомъ можно судить и о локализаціонной проблемѣ развивающагося организма. Но сложность здѣсь гораздо больше, такъ какъ здѣсь мы имѣемъ дѣло съ системами, способными къ развитію, подобныхъ которымъ въ неорганической природѣ нѣтъ. При такой оцѣнкѣ, напр., процессъ возстановленія тубуляріи является намъ въ нѣсколько иномъ свѣтѣ. Операцію, посредствомъ которой удаляется часть тубу-

*) Здѣсь мы можемъ пренебречь тою подробностью, что между каждыми двумя крупными каплями образуется еще по нѣскольку очень мелкихъ (ср. Violle, Lehrbuch der Physik, Bd. I p. 592).

лярiи, я могу разсматривать лишь какъ разряжающую причину, которая нарушаетъ равновѣсiе способной къ развитiю системы. То, что затѣмъ происходитъ, можетъ, слѣдовательно, не имѣть никакого прямого отношенiя къ этой разряжающей причинѣ, какъ это бываетъ и при всякой разряжающей причинѣ; т.-е. операцiя создаетъ новыя условiя, но сама по себѣ она не есть дѣйствующая причина. Операцiя есть устраненiе задержки, которое дозволяетъ потенцiально содержащимся въ системѣ дѣйствующимъ причинамъ вступить въ дѣйствiе и развить соотвѣтствующее системѣ новое состоянiе равновѣсiя. Что произойдетъ при переходѣ нарушенной системы въ новое состоянiе равновѣсiя,—это будетъ зависѣть отъ данныхъ въ системѣ условiй, результатомъ которыхъ является возможность этого состоянiя равновѣсiя, а также отъ объема и рода дефекта, т.-е., слѣдовательно, отъ совокупности условiй, получающихся послѣ операцiи.

Во всякомъ случаѣ въ этихъ процессахъ я не вижу ничего такого, что принуждало бы къ признанiю цѣлесообразнаго ряда дѣйствiй, напоминающаго конечныя причины (causae finales), такого ряда дѣйствiй, который, въ противоположность причинной зависимости, зависѣлъ бы отъ цѣли, достигаемой въ будущемъ. По моему мнѣнiю лишь особыя данныя условiя способной къ развитiю системы составляютъ то, отъ чего съ одной стороны зависитъ та или другая цѣль, а съ другой стороны—типическое дѣйствiе, посредствомъ котораго, послѣ нарушенiя, можетъ, но не непремѣнно должна быть достигнута эта цѣль. Рядъ явленiй, содержащiйся въ локализацiонной проблемѣ, по моему мнѣнiю, ни принципiально, ни фундаментально не отличается отъ явленiй неорганической природы.

Мы пришли къ концу нашихъ разсужденiй и должны спросить себя: каковъ же ихъ результатъ? Возможность постигнуть явленiя жизни физико-химически, механистически,—эта возможность будетъ оспариваться до тѣхъ поръ, пока путь этотъ не будетъ проложенъ для всѣхъ отдѣльныхъ случаевъ. Даже приготовленiе живого организма при извѣстныхъ физико-химическихъ условiяхъ нѣкоторые нео-виталисты, пожалуй, не сочли бы за достаточное доказательство въ пользу біо-механизма. Какъ мы уже указали съ самаго начала, при данныхъ обстоятельствахъ задача наша могла состоять лишь въ томъ, чтобы показать, что возраженiя, выставленныя съ виталистической стороны противъ біо-механизма и его способности достаточно объяснить жизнь, не доказываютъ невозможности такого механистическаго объясненiя. Фактическое доказательство способности біо-механизма дать то, къ чему онъ стремится, можетъ дать лишь самый успѣхъ его стремленiй. Только этотъ успѣхъ можетъ склонить рѣшенiе вопроса на ту или другую сторону. Въ сущности какъ старый, такъ и новый витализмъ постоянно лишь указываютъ на неразрѣшенныя загадки и выражаютъ сомнѣнiе въ разрѣшимости ихъ на механистической почвѣ. Постигнуть организмъ—витализмъ насъ не научитъ, такъ какъ самое предположенiе виталистическихъ процессовъ именно заключаетъ въ себѣ признанiе, что здѣсь мы имѣемъ дѣло съ послѣдними, законными, по существу непостижимыми процессами, которые мы не можемъ подвести подъ болѣе общую законность.

Поэтому мы можемъ сказать: постигнуть въ жизненныхъ явленiяхъ мы можемъ только то, что можетъ быть объяснено физико-химически. А въ заключенiе скажемъ о біо-механизмѣ и витализмѣ; по ихъ плодамъ узнаете вы ихъ!